Die Krankheiten des Blei-Akkumulators,

ihre Entstehung, Feststellung, Beseitigung, Verhutung

Fur die Praxis

Von

F E Kretzschmar

Ingenieur und Oberlehrer an der Elektrotechnischen Abteilung
der Höheren Städtischen Maschinenbauschule
zu Leipzig

Mit 98 in den Text gedruckten Figuren

Dritte verbesserte Auflage

Verlag von R Oldenbourg
Munchen und Berlin 1928

3216

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig

Aus dem Vorwort zur 1. u. 2. Auflage.

In allen industriellen Anlagen werden vorzugsweise die Antriebsmotoren von seiten der Betriebsleiter, Maschinenmeister usw. ständig aufs sorgfältigste beobachtet, so daß Unregelmäßigkeiten meist bereits im *Entstehen* entdeckt werden. Unaufmerksame Wartung, falsche Behandlung und Beanspruchung würden auch unfehlbar in *allerkürzester Zeit* Maschinendefekte hervorrufen, die unter Umständen den ganzen Betrieb in Frage stellen und einen nicht wieder gut zu machenden Schaden verursachen könnten.

Der Akkumulator dagegen wird in der Regel als etwas Nebensächliches behandelt, da einerseits er auch *bei ganz falscher Behandlung und nachlässiger Wartung* noch sehr lange Zeit, wenn auch vielfach mit stark verminderter Kapazität, zur Energielieferung herangezogen werden kann, also ganz unempfindlich zu sein scheint, — und anderseits Betriebsleiter und Maschinenmeister sich über die Folgen falscher Betriebsführung nicht klar sind. Es fehlt ihnen eben eine zweckmäßige *akkumulatoren*-technische Ausbildung, da sowohl an technischen Hoch- und Mittelschulen als auch in einschlägigen Lehrbüchern vielfach gerade *das, was für den Betrieb von Sammlern elektrischer Energie wichtig ist*, entweder überhaupt nicht oder doch nur in unzureichendem Maße geboten wird.

Zwar sind in technischen Zeitschriften Aufsätze über den Akkumulator verstreut, die für den Praktiker von hohem Werte sind. Sie können jedoch nur entweder mit bedeutendem Aufwand an Zeit und Mühe in großen Bibliotheken aufgesucht oder mit beträchtlichen Geldopfern durch den Buchhandel bezogen werden.

Verf. hat deshalb den Versuch unternommen, ein Buch zu schaffen, das in umfassender Weise den Bedürfnissen der

Praxis Rechnung trägt. Er will durch dasselbe das *Verständnis* für die Vorgänge im Akkumulator *fördern*, hierdurch das *Interesse* an ihm *steigern* und das *Verantwortlichkeitsgefühl* der mit seiner Pflege betrauten Personen *schärfen*.

Der Titel der 1. Auflage lautete: „Die Krankheiten des *stationären* elektrischen Blei-Akkumulators". In der 2. Auflage wurde der Titel verallgemeinert, weil *transportable* Akkumulatoren im wesentlichen dieselben Krankheiten aufweisen wie stationäre.

Die Auflage enthält drei vollständig *neue* Abschnitte, betitelt: „*Zweck des Akkumulators*", „*Einiges über den Isolationszustand einer Batterie*", „*Verhütung einer Erkrankung des Akkumulators durch Verwendung von Säuremessern*".

Vorwort zur 3. Auflage.

Der Text der 2. Auflage erschien im Verlage von Dunod, Paris, i. J. 1924 in **französischer** Übersetzung.

Die 3. Auflage unterscheidet sich von der 2. im wesentlichen nur dadurch, daß ein Kapitel über die *Konstruktion des Bleiakkumulators* eingefügt und dasjenige über seinen *Zweck erweitert* wurde, weil dies dem Verf. zum Verständnis des Buches nötig erschien. Für diese beiden Abschnitte wurden Arbeiten des Herrn *Oberingenieur Dr. Beckmann*, Berlin, benutzt. Im IV. Kapitel fanden an einigen Stellen Veröffentlichungen der *Akkumulatorenfabrik* A.-G., *Berlin*, Verwendung.

Dieser Firma sowohl als auch Herrn Dr. *Beckmann* gebührt der Dank des Verfassers, ferner auch der *Verlagsfirma* R. *Oldenbourg* für zweckmäßige und geschmackvolle Ausstattung des Buches.

Leipzig, im November 1927.

F. E. Kretzschmar.

Inhaltsverzeichnis.

II Kapitel

Feststellung der Krankheitsursachen

III Kapitel

Beseitigung einer Krankheit des Akkumulators.

A

Mittel, die im Interesse der Haltbarkeit der Batterie vom Besitzer angewandt werden mussen

B

Mittel, das im Interesse der Haltbarkeit der Batterie vom Besitzer angewandt werden kann

C

Mittel, die im Interesse der Haltbarkeit der Batterie nur von der Akkumulatorenfabrik oder vom Besitzer nur mit deren Einverstandnis angewandt werden durfen

IV Kapitel

Verhütung einer Erkrankung des Akkumulators

Einleitung.

1. Konstruktion des Bleiakkumulators.

Sie soll im folgenden nur insoweit beschrieben werden, als es zum Verstandnis des Buches notig ist.

In einem Gefaß *a* (Abb. 1) aus Glas, Hartgummi oder in einem mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzkasten hangen oder stehen isoliert die negativen (grauen) Platten *b*, die an eine Bleileiste *c* gelotet sind; zwischen ihnen befinden sich die dickeren positiven (braunen) Platten *d*, die mit einer Bleileiste *f* verbunden sind Die + und — Platten sind bei ortsfesten (stationaren) Batterien durch Holzbrettchen *g* (Abb 2 u 3) mit ubergeschobenen Holz- oder Hartgummistabchen *h*, seltener durch Glasrohre, isoliert, bei transportablen Batterien dagegen besteht die Isolierung meist aus Holzbrettchen *g* mit anliegenden gewellten und perforierten Hartgummiblechen *w* (Triebwagen-, Lokomotiv- und Elektrokarren-Elemente) (Abb 4 u 5) Die Platten sind wesentlich kurzer als die innere Hohe der Gefaße, damit unter ihnen Raum fur abfallende Masse bleibt (Schlammraum)

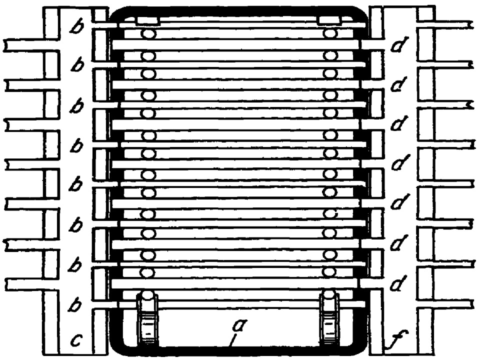


Abb 1

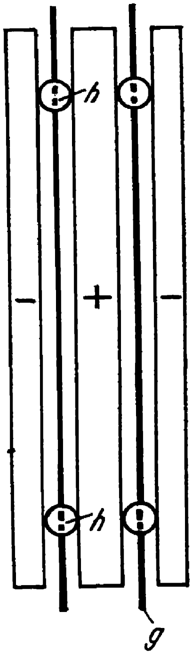


Abb 2

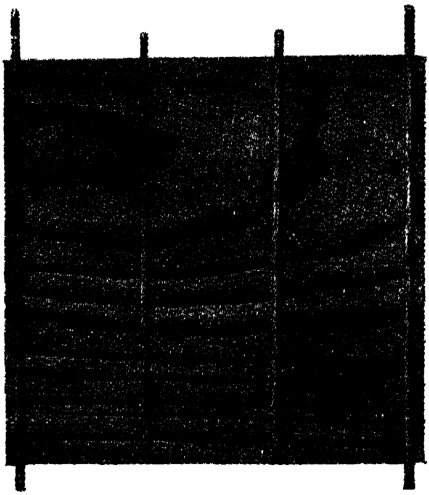


Abb 3

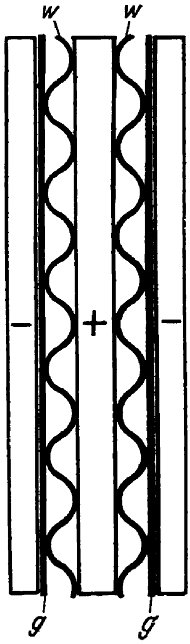


Abb. 4

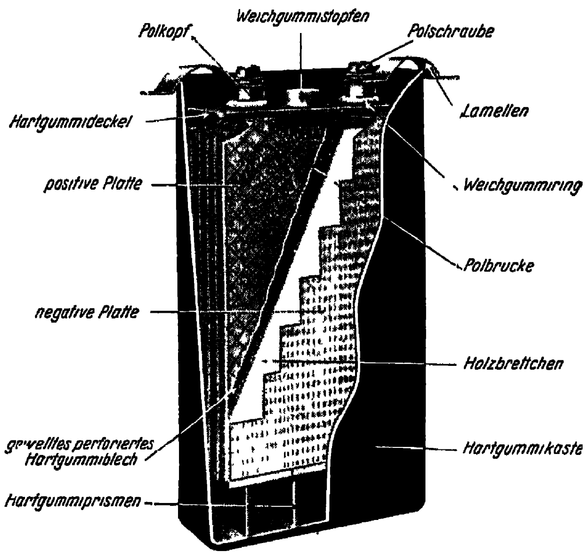


Abb 5.

A. Stationäre Akkumulatoren; transportable Akkumulatoren mit hohem Gewicht und großer Leistung zum Betriebe von Lokomotiven und Triebwagen.

Positive Platte (Großoberflächenplatte)

Stets Weichbleirahmen, in dessen rechteckigen Feldern sich jalousieartig angeordnete, sehr dunne Weichbleirippchen befinden (Abb. 6 u. 7). Durch diese Anordnung wird die tatsächliche Oberfläche der Platte etwa achtmal so groß als die sichtbare. (Auf den Rippchen setzt sich, sobald der Akkumulator tätig ist, Bleisuperoxyd fest.)

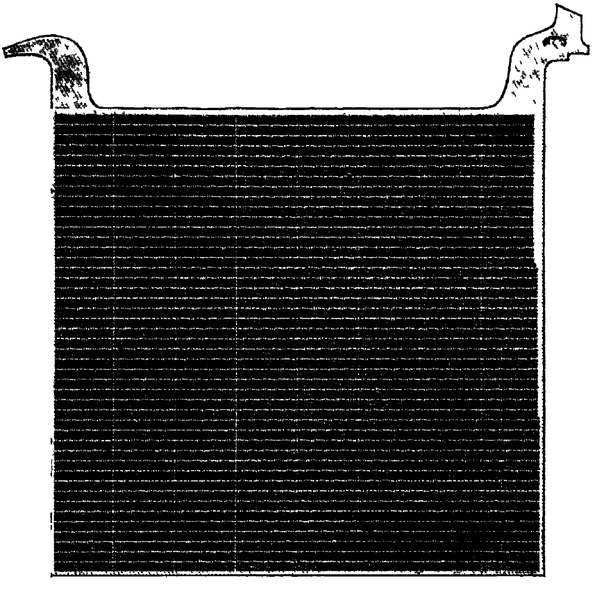


Abb 6

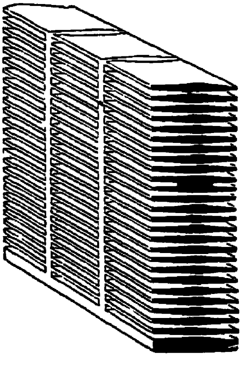


Abb 7

Die Konstruktion ist bei allen Fabriken gleich, die Platten unterscheiden sich nur durch ihr Gewicht Die schwerere Platte ist fur die gleiche Leistung die bessere, da sie großere Lebensdauer besitzt durchschnittlich, je nach Beanspruchung, 5 bis 10 Jahre

Negative Platte.

1 Kastenplatte (Abb. 8 u 9) Hartbleirahmen *a* mit quadratischen Kastchen *b*. Diese enthalten eine weiche, teigige Masse *c* aus Bleioxyden, die mit Kienruß als Lockerungs-

mittel vermischt ist Das Herausfallen der Masse wird durch ein angegossenes perforiertes Bleiblech *d* verhindert

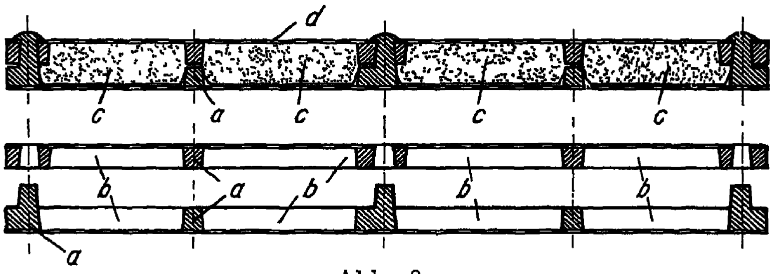


Abb. 8

2. Gitterplatte (Abb. 10) Rahmen aus Hartblei, in den die aus Bleioxyden bestehende Masse eingestrichen wird, die man aber nicht, wie bei der Kastenplatte, im teigigen Zustande beläßt, sondern trocknet und hartet Das ist notig, damit die Masse am Hartbleirahmen fest anliegt und nicht etwa durch Erschutterungen, z. B beim Transport, sich lost und herausfallt

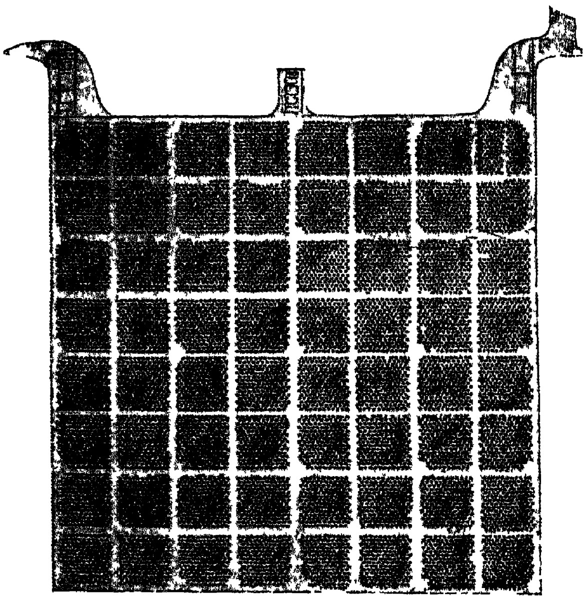


Abb 9

Beim Einbau in die Elemente wird dann jede Gitterplatte auf beiden Seiten durch Holzfurniere *g* verschlossen (Abb 11), die durch Glasrohre *s* angepreßt werden

Fur Akkumulatoren unter A. ist die Gitterplatte bei weitem nicht so geeignet als die Kastenplatte. Im Betriebe namlich erleidet die Masse — sowohl die der Kasten-

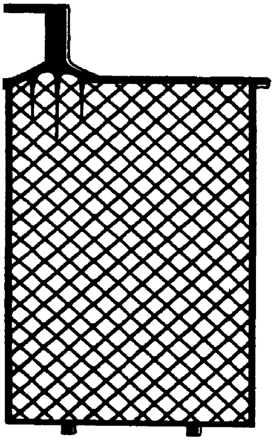


Abb 10

als die der Gitterplatte — Volumenänderungen, die sich ganz verschieden auswirken Während die teigige Masse der Kastenplatte immer gute Verbindung mit dem Bleigerüst behält, löst sich die harte, spröde Masse der Gitterplatte allmählich von ihm ab (Abb. 12). Nach mehreren hundert Ladungen und Entladungen ist die Verbindung so schlecht, daß die Leistung der Platte unter Umständen bis unter die Hälfte zurückgeht Die Lebensdauer der Gitterplatte beträgt demzufolge bei hoher Beanspruchung und guter Wartung nur 3 bis 6 Jahre, während die der Kastenplatte unter den gleichen Bedingungen mit 15 bis 20 Jahren nicht zu hoch gegriffen sein dürfte[1]).

Das Problem einer brauchbaren Negativen für Akkumulatoren unter A. ist also durch die **Kastenplatte** gelöst, die aber z Z. nur von der Akkumulatoren-Fabrik A.-G., Berlin, gebaut wird, weil ihre Herstellung eine überaus kostspielige Einrichtung und jahrzehntelange Erfahrung bezüglich der Masse erfordert

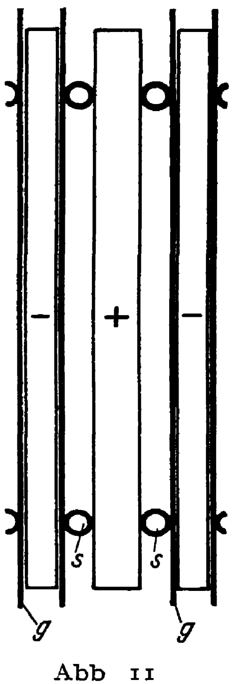


Abb 11

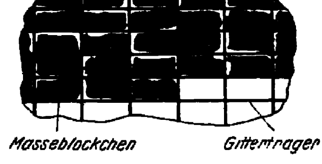


Abb 12

[1]) Etwa dasselbe sagt auch Dr Förster, o Prof. an der Dresdener Techn Hochsch in seinem Buche „Sekundär"-Elemente, Akkumulatoren, S 220/21 der 2 Auflage

B. Transportable Akkumulatoren mit geringem Gewicht und großer Leistung zum Antrieb von Straßenfahrzeugen oder zur Ingangsetzung und Beleuchtung von Automobilen mit Explosionsmotor (Anwurfbatterien).

Wahrend bei ortsfesten Batterien das Gewicht des Akkumulators nur eine untergeordnete Rolle spielt und bei Fahrzeugen, die sich auf *Schienen* bewegen (Lokomotiven, Triebwagen), ein hohes Gewicht sogar erwunscht sein kann, ist dies bei Fahrzeugen, die auf mehr oder weniger guten Straßen laufen, nicht der Fall Hier gilt es, einen *leichten* Akkumulator mit hoher Leistungsfahigkeit zu verwenden. Auch Anwurfbatterien mussen bei geringem Gewicht eine bedeutende Leistung abgeben können, da bei ihnen haufig der Entladestrom auf kurze Zeit den 100fachen Wert von dem erreicht, was sonst Batterien gleicher Konstruktion zugemutet wird

Wahrend bei einer ortsfesten Batterie das Elementgewicht für 1 kWh Leistung ca 130 kg betragt, ist es z B fur eine Kraftdroschke nur etwa 32 kg Dieses geringe Gewicht kann aber nur mit der fur ortsfeste Batterien weniger geeigneten Gitterplatte erreicht werden, die dann bei Straßenfahrzeugen usw fur *beide* Plattensorten verwendet wird: ihr Hartbleirahmen ist nur wenige Millimeter dick (Abb 13)

Geringes Gewicht und hohe Leistung einer Batterie schließen naturgemaß eine lange Lebensdauer des Materials aus Um so anerkennenswerter ist es daher, daß es auf Grund langjähriger Erfahrung gelungen ist, die Betriebsdauer *dieser* Batterien derart zu steigern, daß sie uber 250 Entladungen sowie zahlreiche Erschutterungen vertragen, ehe eine Erneuerung der Positiven nötig wird, die Negativen haben die doppelte Lebensdauer.

Das ist in erster Linie auf die Zusammensetzung der Masse (Fabrikgeheimnis!), auf sorgfaltigste Isolierung der Platten und auf den Einbau in oben verschlossene Hartgummigefaße (Abb. 5) zuruckzufuhren, die ein Überfließen der Säure bei Erschutterung verhindern.

Neuerdings bringt die *Akkumulatoren-Fabrik A.-G., Berlin*, sogenannte *Panzerplatten-Elemente* auf den

Markt, bei denen die positive Elektrode aus nebeneinanderliegenden Hartgummirohrchen besteht, die mit wirksamer Masse gefüllt und durch einen gemeinsamen Rahmen zu einer Platte fest vereinigt sind Die Hartgummiröhrchen selbst sind mit feinen, senkrecht zur Achse stehenden Schlitzen versehen, durch die Strom und Saure frei zu- und austreten konnen. Durch die ganze Lange des Röhrchens verläuft als Achse ein kräftiger Bleidraht, welcher die Aufgabe hat, der um

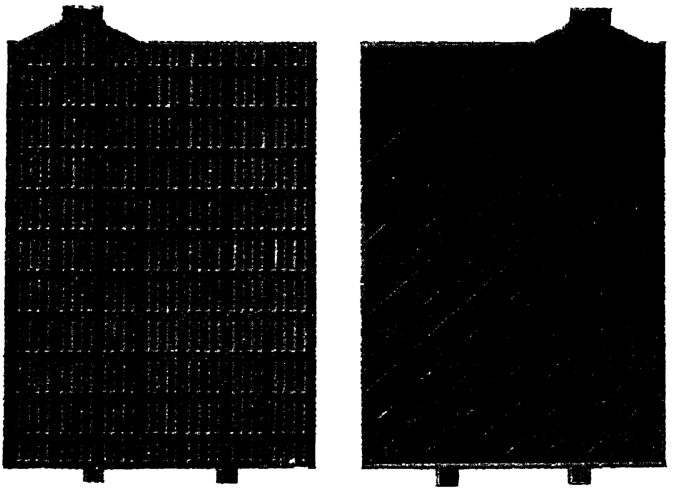


Abb. 13

ihn gelagerten wirksamen Masse den Strom zuzufuhren oder zu entnehmen

Verglichen mit der positiven Gitterplatte, erreicht die positive Panzerplatte eine mehr als doppelte Lebensdauer

2. Zweck des Akkumulators.

Befindet sich in einer Gleich- oder Drehstromanlage ein Akkumulator ausreichender Kapazitat, so kann stets eine durchaus gleichmäßige Belastung der Antriebsmotoren selbst bei sehr schnellem und starkem Auf- und Niederwogen der Energie erzielt werden, da der Sammler einesteils wahrend der Betriebspausen oder zu Zeiten schwacher Belastung direkt

aus den Zentralmaschinen oder durch Rückstrom geladen, andernteils zur Aufnahme der Belastungsspitzen herangezogen werden kann. Dies ergibt bei der Projektierung eine wesentliche Verkleinerung der Maschinenanlage, im Betriebe günstigsten Füllungs- und Wirkungsgrad der Antriebsmotoren und damit wieder bedeutende Ersparnisse an Treiböl, Gas, Kohle, Schmieröl usw. Die gleichmäßige Belastung der Antriebsmotoren ermöglicht wiederum ruhigen Betrieb und vermindert außerordentlich den Verschleiß der in Bewegung befindlichen Maschinenteile ein Punkt, auf den vielleicht bis jetzt viel zu wenig Gewicht gelegt worden ist.

Bei langandauernder schwacher Belastung, wie meist nachts, brauchen überhaupt keine Maschinen zu laufen, weil dann der Akkumulator allein die Energielieferung übernimmt.

Eine **Erhöhung** der **Lebensdauer** der Maschinen, sowie eine **Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und des Belastungsfaktors**[1] **der Anlage** sind also die Folgen.

Überaus wertvoll ist der Sammler **beim vorübergehenden Versagen eines Maschinenaggregats** oder bei unvorhergesehenen Störungen, da er in diesen Fällen die Belastung übernimmt, so daß **keine einschneidende Betriebsunterbrechung** möglich ist.

Beim Ausbleiben der Energielieferung aus einem Netze kann er als **Momentreserve** dienen, wie dies z. B. beim Walzwerk Peine der Fall ist. Dort steht eine der größten Batterien der Welt, die eingreift, falls während einer Charge plötzlich der Drehstrom der Fernleitung ausbleiben sollte. Ein solches Versagen gerade in dem Augenblicke, wo geblasen wird, könnte große Sachwerte vernichten und Menschenleben gefährden.

Eine **Wasserkraft,** die zwar für den durchschnittlichen Bedarf eines Betriebes, aber nicht für stärkere Beanspruchung ausreicht, kann **durch** den **Akkumulator ergänzt** werden, falls eine Stauanlage unwirtschaftlich sein sollte. Ein Beispiel hier-

---

[1]) Verhältnis der mittleren Jahresbelastung zum Zentralenmaximum.

für bietet die Wendelsteinbahn, für deren Betrieb der Forchenbach allein nicht ausgereicht haben würde, — ein anderes eine Spinnerei bei Turin, für deren Tag und Nacht währenden Betrieb zunächst die Wasserkraft der Dora Baltea allein Verwendung fand. Als dann durch Gesetz die Nachtarbeit der Frauen verboten wurde, mußte die Leistungsfähigkeit der Fabrik während der Tagesstunden verdoppelt werden. Demnach wurde ein Akkumulator beschafft, der, durch die Wasserkraft des Flusses zur Nachtzeit geladen, es ermöglichte, daß die Spinnerei während der Tagesstunden nicht allein durch die ungeschmälerte Wasserkraft, sondern auch durch Elektrizität betrieben wurde, so daß die frühere Leistung aufrechterhalten werden konnte.

Werden stationäre oder auch transportable Akkumulatoren (**Anschlußbatterien** zur Beleuchtung von Theatern, **Automobilbatterien**) infolge verbilligten Tarifs nur zu Zeiten schwacher Belastung des Elektrizitätswerks geladen, so dient das zur **Verbesserung des Belastungsfaktors** der Zentrale. Außerdem entsteht dem betr. Werke ein recht beträchtlicher Stromabnehmer. Legt man z. B. für das Jahr bei einem Lastwagen 15000 km, bei einer Droschke 40000 km Fahrleistung zugrunde, so ergibt sich folgender Energieverbrauch für die verschiedenen Wagenarten

Wagenart	Energieverbrauch	
	für 1 km auf ebener Strecke kWh [2])	für das Jahr (bei 15000 bzw. 40000 km Fahrleistung) kWh
Bef-Wagen[1]) (400 kg)	0,18 bis 0,2	2700 bis 3000
Droschke	0,4	16000
1 t-Wagen	0,35	5250
2,5 ,,	0,52	7800
3 ,,	0,74	11100
5 ,,	1,00	15000

Ganz besondere Bedeutung hat aber neuerdings der Akkumulator für den Betrieb von Fahrzeugen erlangt. leistet doch

[1]) Wagen der Berliner Elektromobil-Fabrik

[2]) kWh = Kilowattstunden

z. B. der Elektrokarren (Abb 14), der nur eines einzigen Mannes zur Bedienung bedarf, in der gleichen Zeit soviel als 2 Handkarren mit je 4 Mann Bedienung.

Das Charakteristische des Elektromotorenantriebes mit Akkumulatoren ist eine überaus gunstige Ausnutzung der dem Fahrgestell zugefuhrten Energie. Vergleichende Untersuchungen an zwei Lastwagen von gleicher Nutzlast und Geschwindigkeit mit Elektromotor- bzw. Benzinmotorantrieb haben ergeben, daß fur den elektrischen Wagen ein Wirkungsgrad von ca. 50 % gegenuber nur ca. 14 % beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor vorhanden ist. Als Folge ergibt sich, daß bei elektri-

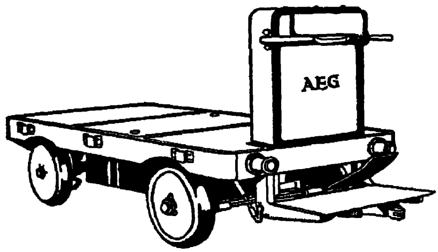


Abb 14

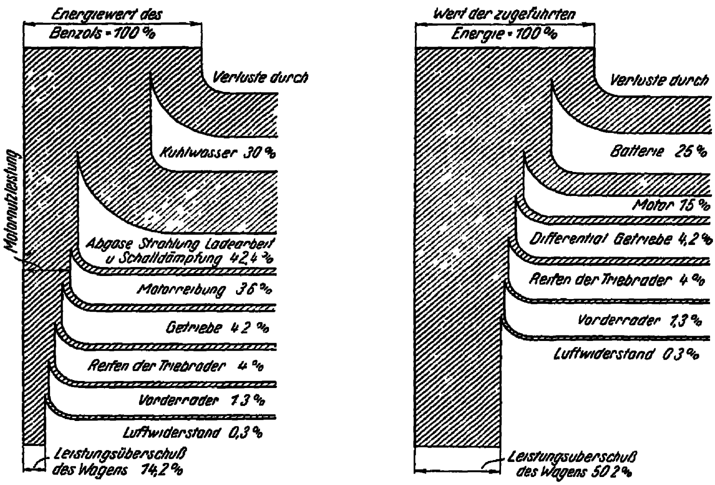


Abb 15

schen Fahrzeugen die gleiche Zugleistung mit geringeren Energiemengen zu erreichen ist. Diese Tatsachen werden durch die beiden Energiediagramme (Abb. 15) veranschaulicht.

3. Ladung einer Batterie.

Vor Beginn der Ladung befindet sich auf den positiven Platten eine Mischung von Bleisulfat mit Bleisuperoxyd, auf den negativen eine solche von Bleisulfat mit schwammigem metallischen Blei. Das Sulfat ist in um so großeren Mengen vorhanden, je mehr Amperestunden bei Entladung entnommen wurden; es laßt sich ohne weiteres beseitigen, wenn Ladung kurz nach Entladung erfolgt.

An und fur sich ist es vollig gleichgultig, mit wie starkem Strome geladen wird, wenn man nur nicht den auf der Bedienungsvorschrift als höchstzulässig angegebenen überschreitet

Durch den Ladestrom wird die in den Poren der Masse befindliche dunne, gut leitende Säure zersetzt Es bildet sich im Innern der positiven Platten Sauerstoff, wahrend in den vielen feinen Kanalen, welche die Masse der Negativen durchziehen, Wasserstoff entsteht Wahrend des großten Teiles der Ladung werden diese beiden Gase bei ihrem Angriff auf die vielen feinen Bleisulfatteilchen restlos chemisch gebunden Der Sauerstoff verwandelt das Sulfat in Superoxyd, der Wasserstoff dagegen veranlaßt die Ruckbildung des schwefelsauren Bleies zu Bleischwamm, wobei in beiden Fallen Schwefelsaure von großer Dichte infolge Umwandlung des Sulfats gebildet wird In den Poren der Masse muß also das spezifische Gewicht der Saure erheblich größer sein als in der die Platten umgebenden Flussigkeit Je dichter aber die Saure ist, von der die Masse durchsetzt wird, um so hoher ist die Spannungslage der Platten Sie muß sich also gleich bei Beginn der Ladung uber die Ruhespannung erheben, die bei einer Sauredichte von 1,20 etwa 2,08 Volt betragt Ist eine Batterie aber mit schwachem Strom bis zur zulassigen Spannungsgrenze entladen worden, so ist die Sauredichte niedriger als 1,20, die Ruhespannung beträgt dann etwa 2,04 Volt (Abb. 16)

In die Poren der Masse dringt nun fortgesetzt dunne Saure ein, wahrend die dichte die Platten verläßt und sich mit der Flussigkeit in den Plattenzwischenräumen mischt, wodurch deren spezifisches Gewicht steigt, was sich am

Araometer beobachten laßt. Diese „freie"[1]) Säure verursacht deshalb ein weiteres Ansteigen der Gegenspannung der Platten (Abb. 16, Kurvenstuck *a b*).

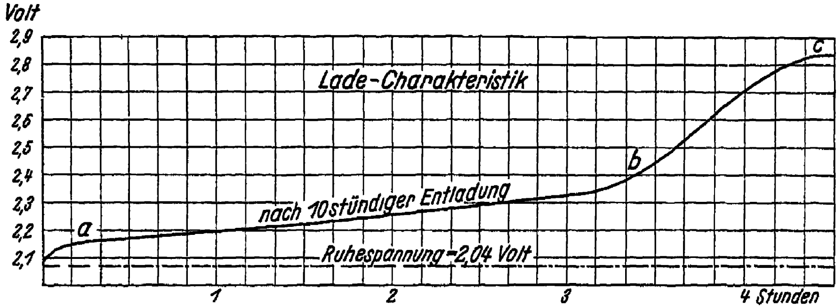


Abb 16

Die Dichte der die Platten umgebenden Säure nimmt proportional der aufgeladenen Elektrizitatsmenge zu und ist deshalb ein Maß für sie.

Im Laufe der Ladung vermindert sich aber das Bleisulfat immer mehr, und schließlich finden die Gase im Augenblick ihres Entstehens nicht mehr genugend Sulfat zum Angriffe vor, so daß nur noch ein Teil derselben chemisch gebunden werden kann. Das freiwerdende Gas fullt die Poren der Masse der Positiven und Negativen aus, verhindert das Eindringen der dünnen Saure und treibt die konzentrierte aus den Poren heraus, so daß langs der Platten und unterhalb derselben starke Schlieren sehr dichter Saure herabfließen.

Je mehr Poren sich nun mit dem schlecht leitenden Gase fullen, ein um so großerer Teil des Ladestromes nimmt seinen Weg direkt durch die gut leitenden Bleisuperoxyd- und Bleischwammteilchen. In immer weniger Poren findet noch Zersetzung der Flussigkeit statt, dagegen zerlegt der Strom immer mehr von der Saure, welche die Platten umgibt, in Sauer- und Wasserstoff Es findet dann eine von außen sichtbare, immer mehr an Starke zunehmende Gasentwicklung statt, die meist an den Negativen zuerst einsetzt Obwohl

[1]) Freie Saure, solche im Plattenzwischenraum, zum Unterschiede von der Säure in den Poren

nun der innere Widerstand der Platten infolge allmählicher Beseitigung des Sulfats immer mehr *abnimmt*, muß doch mit zunehmender Gasentwicklung eine immer höhere Ladespannung eingehalten werden (Abb. 16, Teil *b* bis *c*), wenn weiterhin Ladung stattfinden soll. Dies ist nicht auf die zunehmende Dichte der Schwefelsäure oder auf einen etwaigen Widerstand der Gasblasen, sondern auf eine *Über*spannung zurückzuführen, die mit der Wasserstoffbildung am Bleischwamm und der Sauerstoffentwicklung am Bleisuperoxyd verknüpft ist. Für erstere beträgt sie ca. 0,44 Volt, für letztere ist sie erheblich geringer. Dieser Zuwachs an Spannung ist erklärlich, wenn man bedenkt, daß zur Bildung der Gasblasen an den Elektroden eine zusätzliche elektrische Energie aufgewendet werden muß.

Sobald nun die Ladespannung nicht mehr steigt, die Säuredichte um ebensoviel Striche am Aräometer gestiegen ist, als sie bei Entladung gefallen war, und beide Plattensorten lebhaft Gas entwickeln[1]), ist die Ladung als beendet anzusehen.

Um festzustellen, ob eine Batterie tatsächlich *gut* aufgeladen ist, schaltet man sie doppelpolig vom Netze ab. Sobald jetzt keine Gasbläschen mehr aufsteigen, fährt man abermals auf Ladung. Spätestens 2 Minuten nach Wiedereinschalten des Stromes müssen dann *beide* Plattensorten *lebhaft* gasen.

Da sich nach ordentlicher Aufladung Knallgas bildet, so kann man auch einer in der Nähe der Tür befindlichen Zelle mit Hilfe einer kleinen Holzplatte Gasblasen entnehmen, die man nur *außerhalb* des Akkumulatorenraumes entzünden darf. Explodieren sie heftig (ganz ungefährlich!), so ist die Batterie gut geladen (Knallgas-Indikator). Nachdrücklich muß aber davor gewarnt werden, dies Experiment etwa im *Innern* eines Akkumulatorenraumes vorzunehmen. Es hat dies bereits mehrere Male *lebensgefährliche* Explosionen zur Folge gehabt. In dieser Hinsicht ganz besonders

---

[1]) Deutlich zu erkennen, wenn man in irgendeiner Zelle drei benachbarte Holzbrettchen etwa 1 cm hochzieht und mittels Glühlampe die Zwischenräume ableuchtet.

gefährlich sind schlecht ventilierte niedrige Akkumulatorenräume, in denen sich bei Ladung das Gas in großen Mengen ansammelt.

Die Ladung einer Batterie kann nun zwar bis zum Schlusse mit dem auf der Bedienungsvorschrift angegebenen höchstzulässigen Strome geschehen; vorteilhaft ist es jedoch keinesfalls, da die Poren in der Masse sich schon mit den Strom nicht leitendem Gas füllen, ehe noch alles Sulfat in Superoxyd oder Bleischwamm umgewandelt ist. Daher empfiehlt es sich, sobald die Gasentwicklung an einer Plattensorte beginnt, sofort den Ladestrom so weit abzuschwächen, daß er ungefähr **die Hälfte des höchstzulässigen** beträgt. Wenn es aber die Betriebsverhältnisse irgend gestatten, halte man ihn noch wesentlich niedriger. Es findet dann nicht nur eine gründliche Beseitigung des Sulfats im Innern der Masse statt, sondern es werden auch die positiven Platten geschont, da infolge der weniger heftigen Gasentwicklung aktive Masse in geringerer Menge als bei höchstzulässigem Ladestrom abgerissen wird.

Bei Zeitmangel lädt man am besten erst gegen Schluß der Ladung mit der Hälfte des höchstzulässigen Stroms; sobald jedoch an beiden Plattensorten lebhafte Gasentwicklung auftritt, ermäßigt man den Strom bis auf $^1/_{10}$ des höchstzulässigen und führt diese verhältnismäßig geringe Energie noch ungefähr $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde lang der Batterie zu.

Die maximale Ladespannung pro Zelle beträgt bei höchstzulässigem Strome und 15° C Säuretemperatur

a) bei Glasrohreinbau ca. 2,7 bis 2,75 Volt,

b) bei Brettcheneinbau ca. 2,8 bis 2,85 Volt.

Falls jedoch mit einem kleineren Strome geladen wird, so sind die angegebenen Endspannungen nicht zu erreichen, bei Ladung z. B. mit der Hälfte des höchstzulässigen Stromes und

a) Glasrohreinbau nur ca. 2,6 bis 2,65 Volt,

b) Brettcheneinbau nur 2,70 bis 2,76 Volt.

Die Verschiedenheit in den Endspannungen rührt einesteils von der Plattengröße, andernteils von der Art der Plattenisolierung her. Der innere Widerstand ist nämlich bei Holzbrettchen- oder Hartgummiplatten-Einbau höher als bei Glas-

rohr-Einbau; folglich muß bei den ersten beiden Arten der Isolierung die Spannung bei Beendigung der Ladung höher liegen.

Bis zu obigen Spannungswerten kann jedoch die Ladung nicht durchgefuhrt werden, wenn die Sauretemperatur erheblich über 15° C liegt, wie die Messungen von Prof. C. Heim[1]) zeigen Es wurde der jedesmal bis zur zulassigen Spannungsgrenze entladene Akkumulator mit dem gleichen Strom einmal bei 14° C, das andere Mal bei 45° C geladen, und es ergab sich, wie Abb 17 zeigt, im ersten Falle eine Hochstspannung von ca. 2,73, im zweiten Falle dagegen nur eine solche von ca 2,56 Volt.

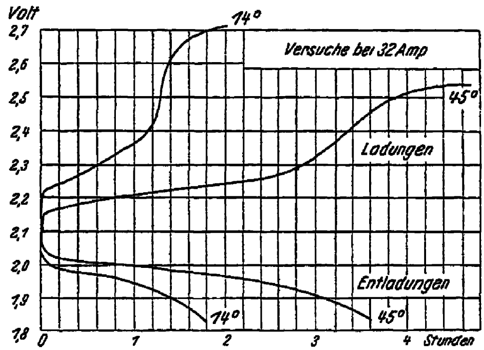


Abb 17

Dies ruhrt nach Prof Heim daher, daß die im Innern der Platten bei Ladung gebildete Schwefelsaure mit zunehmender Erwärmung immer schneller nach außen befordert und damit das Ansteigen der Spannung entsprechend verlangsamt wird. Ferner sinkt auch mit steigender Temperatur die Dichte der Säure, wie folgende Tabelle zeigt:

Temperatur in ° Celsius

15° (normal)	20°	25°	30°	35°	45°
1,15			1,14		1,13 spez Gew
1,16			1,15		1,14 ,, ,,
1,17			1,16		1,15 ,, ,,
1,18			1,17		1,16 ,, ,,
1,19			1,18		1,17 ,, ,,
1,20			1,19		1,18 ,, ,,
1,21			1,20		1,19 ,, ,,
1,22			1,21		1,20 ,, ,,
1,23			1,22		1,21 ,, ,,
1,24	1,236	1,233	1,229	1,225	1,221 ,, ,,
1,25	1,246	1,242	1,238	1,235	1,232 ,, ,,
1,26	1,256	1,252	1,249	1,245	1,241 ,, ,,

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1901, Heft 39

Mit abnehmender Säuredichte wird aber auch die Gegenspannung der Batterie geringer und damit die erforderliche Ladespannung

Es beträgt nun die Spannung einer Batterie von z B. 126 Elementen, bei der am Schlusse der Ladung 18 Zellen abgeschaltet sind, eine Säuretemperatur von 15⁰ C vorausgesetzt:

1 bei höchstzulässigem Ladestrom
   a) und Glasrohreinbau 2,75 · 108 = 297 Volt,
   b) und Brettcheneinbau 2,82 · 108 = 305 Volt;
2 bei der Hälfte des höchstzulässigen Ladestroms
   a) und Glasrohreinbau 2,65 · 108 = 286 Volt,
   b) und Brettcheneinbau 2,76 · 108 = 298 Volt.

Beträgt die Säuretemperatur aber z B 25⁰ C und besteht die Batterie wiederum aus 108 Zellen mit Brettcheneinbau, so dürfte bei Anwendung des höchstzulässigen Stromes bis zum Schlusse der Ladung eine Maximal-Ladespannung von nur 299 bis 300 Volt erreicht werden, da man ungefähr

für jede Zelle pro 1⁰ C Temperatursteigerung 0,005 Volt Spannungsabnahme

rechnen kann.

Nachstehende Tabelle bietet einen Anhalt für vorschriftsmäßige Aufladung einer Batterie, falls mit dem höchstzulässigen Strome bis zum Schlusse geladen wird

Hat man die volle garantierte Kapazität entnommen mittels	so ist die Ladung beendet nach etwa
1 stündigen Stromes	2 Stunden 20 Min
3 ,, ,,	3 ,, 20 ,,
10 ,, ,,	4 ,, 30 ,,

Bei schwächerem Strome als dem höchstzulässigen ist natürlich länger zu laden

Überschreitet die Säuretemperatur 40⁰ C, so ist die Ladung zwecks Abkühlung der Säure zu unterbrechen, da sonst allmählich die Holzbrettchen verkohlen Durch die Erwärmung nimmt die Säure ein größeres Volumen an; der Säurespiegel steigt.

Hat man einer Batterie nicht die volle Kapazität entnommen, so muß man auch eine entsprechend kürzere Zeit laden Eine Vorausberechnung der Ladezeit wäre ein unnützes Beginnen **Nur die Gasentwicklung in Verbindung mit der Säuredichte geben untrüglichen Aufschluß darüber, wann die Ladung beendet ist.**

Besitzt eine Batterie Brettcheneinbau, so wandern bei Ladung bleisulfatlösende Stoffe, die in den Brettchen aufgespeichert sind und von der Säure in äußerst kleinen Mengen gelöst werden, mit dem Strome nach den Negativen

Gesund ist eine Batterie, wenn ihr die garantierte Kapazität nach normaler Ladung entnommen werden kann.

Bei Ladung von Batterien **unveränderlicher** Elementzahl, wie sie für elektrisch betriebene Last- und Personenwagen, Einachsschlepper, Lastkarren, Lokomotiven, Triebwagen, Telephon-, Telegraphen- und Feuermeldeanlagen sowie Boote dienen, ist es wünschenswert, daß die Ladung **ohne jede Bedienung** erfolgt, denn es steht oft nur die Nacht für die Ladung zur Verfügung, weil die betreffende Batterie am nächsten Morgen wieder betriebsbereit sein muß

Um nun zu geringe Ladung mit darauffolgender Sulfatbildung oder die mit starker Energievergeudung verbundene Überladung unmöglich zu machen, verwendet man neuerdings einen **selbsttätigen Ladeschalter, System Pöhler**[1]. Seine Konstruktion beruht auf der Feststellung, daß jede Batterie von dem Zeitpunkte ab, wo sie während der Ladung eine Elementspannung von 2,4 Volt erreicht hat, eine fast konstante Energie bis zur Volladung verbraucht, einerlei, welche Strommenge ihr vorher entnommen wurde Es ist nun leicht, den Punkt zu bestimmen, an dem die Spannung von 2,4 Volt erreicht ist, da die Ladespannung des Elementes dort sprungartig ansteigt. Infolgedessen ist es möglich, ein Relais herzustellen, das an fraglicher Stelle mit Sicherheit anspricht. Durch dieses kann dann ein Uhrwerk in Gang gesetzt werden, das nach einer bestimmten, durch Erfahrung

---

[1]) Wird hergestellt von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin

ermittelten Zeit einen Schalter auslost und damit den Ladestrom unterbricht

Die Uhr ist einstellbar für eine Laufzeit von $^1/_4$—3 Stunden mit $^1/_4$stundigen Abstanden.

Eine mechanische Sperrvorrichtung verhindert, daß das Einschalten des selbsttatigen Ladeschalters vor dem Aufziehen der Uhr erfolgen kann.

4. Ruhezustand einer Batterie.

Schaltet man den Ladestrom aus, so fallt die Spannung pro Zelle sehr rasch auf 2,2 bis 2,3 Volt und darauf weiterhin bei 1,20 Sauredichte auf ca 2,08 Volt (Ruhespannung), weil konzentrierte Saure aus den Platten in die umgebende Flussigkeit diffundiert Hierdurch steigt der Sauremesser noch etwas, obwohl die Ladung beendet ist

Bleibt der geladene Akkumulator langere Zeit der Ruhe uberlassen, so bemerkt man, daß die Sauredichte langsam abnimmt, weil Selbstentladung stattfindet, die bei einer maximalen Sauredichte von 1,20 unter 1% der garantierten Leistung pro Tag betragt Diese Kapazitatseinbuße ist zum großten Teile folgenden beiden Ursachen zuzuschreiben:

1 Sowohl die negativen als auch die positiven Platten stehen mit ihrer unteren Halfte stets in dichterer Saure als mit ihrer oberen, so daß der untere Teil infolge seiner hoheren Spannungslage entladen, der obere — naturlich unter Verlust — geladen wird

2 Die Superoxydteilchen und der aus reinem Blei bestehende Trager der Masse bilden viele kurzgeschlossene Elemente, es findet also im Innern der Positiven selbst sogar wahrend betriebsmaßiger Ladung und Entladung fortgesetzt nutzlose Entladung statt Aus diesem Grunde geht eine standige Umwandlung von Superoxyd und Massetrager in Sulfat vor sich Die vielen feinen Bleirippchen werden im Laufe der Jahre infolge der standigen Formierung immer dünner, und der schließliche Verfall der positiven Platten ist die unausbleibliche Folge

Gleichwohl ist das Formieren des Kernes der + Platten durchaus notig, da sonst die Kapazitat jeder Batterie, infolge

Abreißens der Masse durch die Gasentwicklung gegen Schluß der Ladung, sehr bald zuruckgehen würde

Die Leistung einer ordnungsgemaß geladenen und richtig behandelten Batterie nimmt sogar bei nicht zu starker Beanspruchung im Laufe der ersten Betriebsjahre infolge der standigen Formierung des Kernes zu, da diese in starkerem Maße vor sich geht als der Masseabfall.

Eine aus 35 Elementen der Type S 6 bestehende Pollakbatterie wurde im Juli 1892 in Betrieb gesetzt. Bei der Entladungsprobe ergaben sich in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren nachstehende Klemmenspannungskurven[1]) (Abb 18),

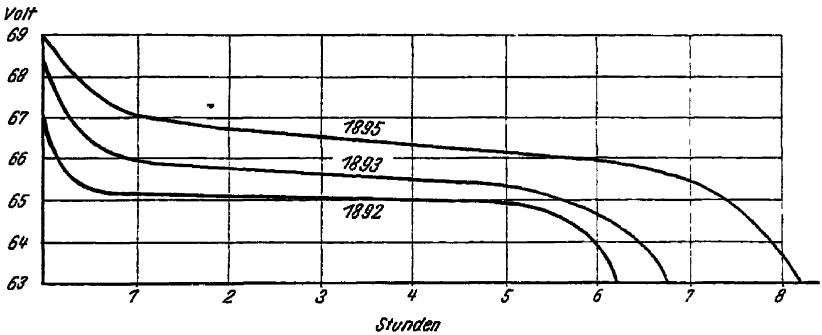


Abb 18

die erkennen lassen, daß die Kapazitat in 3 Jahren um etwa 30 % gewachsen war Die Batterie war standig in Betrieb und wurde wochentlich dreimal geladen

Villenbatterien befinden sich ofters $^1/_4$ bis $^1/_2$ Jahr im Ruhezustand

5. Entladung einer Batterie.

Eine Batterie ordnungsgemaß zu entladen ist viel leichter als sie der Vorschrift gemaß zu laden, falls nur die Entladung durch einen bei allen Belastungen richtig zeigenden Amperestundenzahler registriert wird

Vor Beginn der Entladung befindet sich bei einer ausreichend geladenen Batterie auf den + Platten Bleisuper-

[1]) Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd III, S 1083

oxyd, auf den — Platten dagegen feines, schwammiges Blei[1]).

Wahrend der Entladung nun wird allmahlich Bleisulfat auf beiden Plattensorten gebildet, wodurch Schwefelsaure verbraucht und in den Poren der Positiven Wasser frei wird Diese Vorgange haben eine fortschreitende Verarmung der die Platten umgebenden Flussigkeit an konzentrierter Saure zur Folge, ihr spez Gewicht sinkt

Es dürfte nach Entnahme der garantierten Kapazitat in der Regel um 0,025 bis 0,05 gefallen sein, auf der Skala des Sauremessers sind dies 25 bis 50 Striche Der dreistundigen Kapazitat entsprechen etwa 25 Striche, der zehnstundigen etwa 50 Striche

Bleisulfat bildet sich nun sowohl an der „sichtbaren" Oberfläche[2]) der Platten, dort einen dunnen Überzug bildend, als auch im Innern der aktiven Masse, wo es zwischen Bleisuperoxyd- und Bleischwammteilchen in fein verteiltem Zustande eingelagert ist. Da nun das sich bildende Bleisulfat ein großeres Volumen als Bleisuperoxyd und Bleischwamm einnimmt[3]), aus denen es ja entsteht, so erleiden die

---

[1]) Chemische Umsetzung bei **Entladung** des Akkumulators

Anfangszustand Vollig geladen

	Bleisuperoxyd	Schwefelsäure	Bleischwamm	
Positive Platte	PbO_2	H_2SO_4	Negative Platte	Pb
Stromrichtung in der Zelle		←	←	
Wanderungsrichtung der Ionen	H_2 ←		→	SO_4
	$PbO_2 + H_2 + H_2SO_4$		$Pb + SO_4$	

Endzustand Vollig entladen

Positive Platte	$PbSO_4$	$+ 2 (H_2O)$	Negative Platte	$PbSO_4$
	↓	↓		↓
	Bleisulfat	dest Wasser		Bleisulfat

Bei volliger Entladung verschwindet scheinbar die Schwefelsäure, sie ist aber in Wirklichkeit im Bleisulfat chemisch gebunden

[2]) Unter „sichtbarer" Oberflache ist diejenige zu verstehen, welche man nach Herausnahme einer Platte aus der Saure sehen wurde

[3]) Nach Ing Schoop, Sammlung elektrotechnischer Vorträge 1903, Seite 230, betragt die Volumenvergroßerung infolge Sulfatbildung 0,56 cm^3 pro Amperestunde auf der Bleischwammplatte und 0,43 cm^3 auf der Superoxydplatte

unzähligen feinen Poren eine mit Entladung stetig fortschreitende Verengerung, wodurch die Säurezufuhr nach den im Innern der aktiven Schicht befindlichen geladenen Masseteilchen immer mehr erschwert wird. Der gegen Schluß der Entladung rasch zunehmende Spannungsabfall dürfte sich demnach auf drei Faktoren zurückführen lassen einmal auf die fortschreitende Säurearmut der die Platten umgebenden Flüssigkeit, wodurch in die Poren eine immer dünnere Säure gelangt, auf die fortschreitende Verengerung der Poren, durch welche die Zufuhr selbst der weniger dichten Säure allmählich verringert wird, sowie auf das Durchsetzen der aktiven Masse mit schlechtleitendem Bleisulfat, wodurch der **innere** Widerstand steigt Nach Messungen der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin, beträgt er

entladen:	geladen
ca $\dfrac{0{,}006}{\text{Typenindex}}$ Ohm,	ca. $\dfrac{0{,}0045}{\text{Typenindex}}$ Ohm

z B Type J_{100}: geladen 0,000045 Ohm, entladen: 0,00006 Ohm.

Je kleiner nun die Entladestromstärke ist, um so gleichmäßiger wird die aktive Masse zur Arbeit herangezogen. Anders bei hohen Stromstärken! Dann werden zunächst nur die an der „sichtbaren“ Oberfläche der positiven Platten befindlichen Masseteilchen entladen, da zu ihnen die zur Sulfatbildung erforderliche Säure sehr schnell gelangen kann Dort tritt infolgedessen rasch Porenverengerung auf Wenn hierauf bei längerer Dauer der Entladung hauptsächlich geladene Teile im Innern der Masse zur Energielieferung herangezogen werden und infolgedessen in der Umgebung des Superoxyds die Dichte der Säure schnell abnimmt, so kann neue Säure höherer Konzentration nur in ungenügenden Mengen dorthin gelangen; ein rascher Spannungsabfall des Akkumulators ist daher unvermeidlich. Starker Entladestrom wird daher bei Entnahme der gleichen Amperestundenzahl schneller Abfall der Säuredichte und der Klemmenspannung zur Folge haben als ein schwacher, so daß also die Kapazität eines Akkumulators mit wachsendem Entladestrom sinken muß

Folgende Daten, die einer Preisliste der Akkumulatorenfabrik Gottfried Hagen, Koln-Kalk, entnommen sind, bestätigen das Gesagte

Type	Entladezeit in Stunden	Garantierte Kapazität in Ah	Entladestrom in Amp
M D 78	1	1014	1014
	2	1214	607
	3	1404	468
M 78	3	1404	468
	5	1560	312
	7	1690	241
	10	1885	189

Nachfolgende Kurve[1]) (Abb 19) gestattet fur die deutschen Fabrikate die Kapazitaten bis zu 80stundiger Entladung annähernd zu berechnen, wenn eine beliebige Kapazitat laut Bedienungsvorschrift gegeben ist.

[1]) Die Werte für 1- bis 10stundige Entladung sind nach Preislisten berechnet worden Fur 10- bis 80stundige Entladung dagegen wurden sie nach der Formel $C = \frac{K_{max}}{1 + \frac{a}{\sqrt{t}}}$ bestimmt.

Die Konstanten K_{max} und a sind wie folgt ermittelt worden

$$K_{max} = C_1 \left(1 + \frac{a}{\sqrt{t_1}}\right)$$

$$K_{max} = C_2 \left(1 + \frac{a}{\sqrt{t_2}}\right)$$

$$a = \frac{C_2 - C_1}{\frac{C_1}{\sqrt{t_1}} - \frac{C_2}{\sqrt{t_2}}}$$

Nach der Dissertation von Liebenow, Gottingen 1905, S 7, Tab I, ist die 20stundige Kapazitat einer Zelle 80 Ah, wenn ihre einstundige 42,5 Ah betragt, also ist

$$a = \frac{80 - 42,5}{42,5 - \frac{80}{\sqrt{20}}} = 1,52$$

Die **Maximal-Kapazitat** $K_{max} = 42,5\,(1 + 1,52) =$ **107 Ah** wurde man dem Akkumulator entnehmen, falls man ihn mit unendlich kleinem Strome bis 0 Volt Spannung entladen konnte.

1. Beispiel Die 3stündige Kapazität betrage laut Bedienungsvorschrift 432 Ah. Dann ist die 20stündige etwa $432 \cdot 1,44 = 620$ Ah.

2. Beispiel Laut Bedienungsvorschrift betrage die 10stündige Kapazität einer Batterie 1690 Ah Dann ist

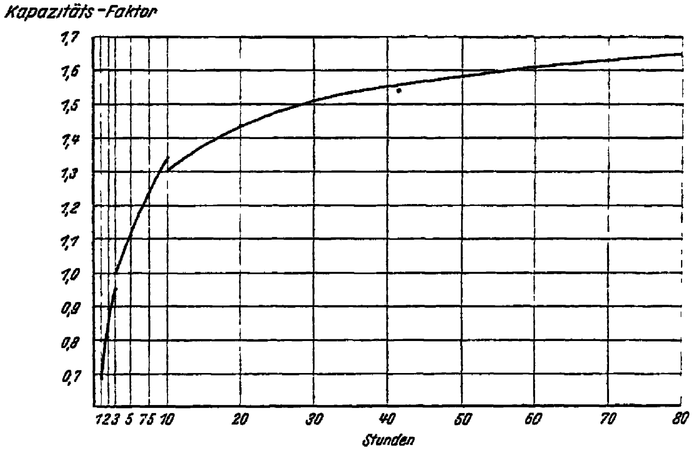


Abb 19

ihre Leistung, zunächst auf die 3stündige umgerechnet: $\frac{1690}{1,34}$ Ah; folglich beträgt ihre 5stündige etwa $\frac{1690}{1,34} \cdot 1,12 = 1410$ Ah

Bei Entladung einer Batterie spielt aber auch die Säuretemperatur eine hervorragende Rolle

Je wärmer die Säure, um so dünnflüssiger ist sie, ihr Eindringen in die Poren des aktiven Materials wird dadurch gefördert Wärme Säure kann infolgedessen viel rascher als kalte an die Stellen im Innern der Platten gelangen, wo Säuremangel infolge längerer Entladung besteht. Es tritt daher der gleiche Spannungsabfall bei wärmer Säure später ein als bei kalter, wie die Messungen von Prof. Heim[1]) zeigen (Abb 20) Dies hat natürlich eine beträchtliche Steigerung der Kapazität zur Folge, wie die Messungen von Ch Liagre[2])

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1901, Heft 39

[2]) L'Eclairage électrique, Bd XXIX, 1901, S 149

an einer Zelle der Type d'Arsonval-Vaugeois, deren beide Elektroden nach Planté formiert waren, einwandfrei ergeben:

Temperatur:	16°	32°	40°	50° C
Stromstärke	25	25	25	25 Amp.
Kapazitat	218	260	275	280 Ah

Prof Heim[1]) und Ch Liagre[2]) haben fur 1° C Temperaturerhohung der Saure uber 2%, die Akkumulatorenfabrik A.-G, Berlin-Hagen[3]) nicht uber 1% und Dr Liebenow etwa

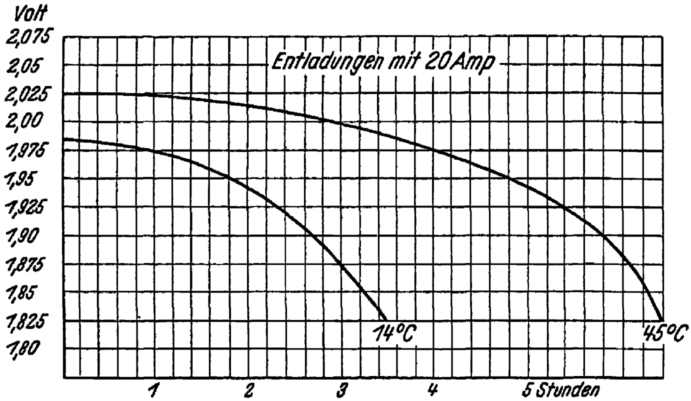


Abb 20

1% Kapazitatszunahme, bezogen auf die garantierte Leistung, gefunden Letzterer sagt in seiner Dissertation[4]), welche die Abhangigkeit der Kapazitat des Bleiakkumulators von der Stromstarke behandelt

„Es entsprach die Zunahme der Kapazitat fur 1° C Temperaturerhohung etwa 1% der Kapazitat bei 15° C"

Aus alledem geht hervor, daß man ohne weiteres fur **1° C. Temperaturerhohung der Säure** uber eine bestimmte Normaltemperatur, z B 15° C, **1% Kapazitatszunahme** in Rechnung setzen kann Weil nun die Kapazitat von der Sauretemperatur abhangig ist, sollte bei Abnahmeversuchen dieser Umstand berucksichtigt werden

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1901, S 815.
[2]) „ „ 1902, S 51
[3]) „ „ 1901, S 815
[4]) Gottingen 1905, S 6

Natürlich fallt bei einer Batterie mit warmer Saure die Dichte derselben bei Entladung bis zur zulässigen Spannungsgrenze viel starker als bei einer solchen mit kaltem Elektrolyt, da ja infolge der starkeren Sulfatbildung in den Platten auch mehr Säure verbraucht wird

Unterbricht man die Entladung eines Akkumulators nach Entnahme eines gewissen Prozentsatzes der Kapazitat und uberläßt ihn der Ruhe, so diffundiert Saure in die Poren der Platten nach, in denen ja die Flussigkeit infolge der Sulfatbildung an Säure arm geworden ist. In den Poren nimmt deshalb die Säuredichte zu und die Spannung des Akkumulators steigt.

Die Spannung kann deshalb im praktischen Betriebe, wo doch die Entladestromstärke sich fortgesetzt ändert oder sogar zeitweise auf Null gehalten wird und die Sauretemperatur meist schwankt, keinen Anhalt dafur geben, wieviel Amperestunden der Batterie entnommen sind Genauen Aufschluß gibt nur ein sorgfaltig geeichter Amperestundenzahler, weniger genau sind die Angaben des Sauremessers

Nur dann bildet auch die Spannung ein genaues Maß fur die entnommene Energie, wenn eine Entladung mit konstantem Strom ohne jede Unterbrechung vorgenommen wird, wie bei einer Kapazitatsprobe

Keinesfalls darf aber die auf der Bedienungsvorschrift angegebene Endspannung pro Zelle wesentlich unterschritten werden Nachstehende Tabelle, die dem Taschenbuch 1907 der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin, entnommen ist, gestattet, die tiefste Entladespannung von Puffer- und Lichtbatterien zu berechnen

Spannung pro Element in Volt

Element Nr	Entladezeit in Stunden					
	JS		J			
	1	2	3	5	7½	10
1 bis 148	1,75	1,75	1,83	1,83	1,83	1,86
152 bis 280	1,70	1,75	1,80	1,83	1,83	—
288 bis 564	1,67	1,72	1,78	1,80	1,83	—

Direkt an den Polen gemessen und unter Berücksichtigung der Spannungsverluste in den Gruppenverbindungen ist demnach die tiefstzulässige Endspannung von

a) 60 Zellen JS 1 bis 148 bei 1- bis 2stündiger Entladung:
$1{,}75 \cdot 60 = 105$ Volt.

b) 60 Zellen J 1 bis 148 bei 3- bis 10stündiger Entladung:
$1{,}83 \cdot 60 = 110$ Volt.

Das Schaltbrett-Voltmeter, das ja fast immer unmittelbar an die Sammelschienen angelegt ist, wird meist infolge der unvermeidlichen Spannungsverluste, die in den Leitungen von Batterie nach Schaltbrett und in den Gruppenverbindungen auftreten, eine etwas niedrigere Spannung der Akkumulatoren als die tatsächliche anzeigen.

Bei Entladung geben die Holzbrettchen bleisulfatlösende Stoffe ab, die mit dem Strome nach den Positiven wandern und dort wahrscheinlich verbrannt werden, da sie nicht formierend auf diese wirken

6. Elektrochemisches Mengenverhältnis und Wirkungsgrad einer Batterie.

Man unterscheidet

a) ein elektrochemisches Mengenverhältnis in Amperestunden (Ah),

b) einen Wirkungsgrad in Kilowattstunden oder Wattstunden (kWh oder Wh)

Unter Mengenverhältnis versteht man das Verhältnis zweier Elektrizitätsmengen, und zwar zwischen entladenen und aufgeladenen Amperestunden (Ah)

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis zweier elektrischer Arbeiten, und zwar der entladenen Energie zur aufgeladenen, die man in Wattstunden (Wh) oder Kilowattstunden (kWh) ausdrückt Also ist

a) das Mengenverhältnis $= \dfrac{\text{entladene Ah}}{\text{aufgeladene Ah}}$,

b) **der Wirkungsgrad** $= \dfrac{\textbf{entladene kWh}}{\textbf{aufgeladene kWh}}$.

Auf Grund von Messungen ist das **Mengenverhältnis** für **Lichtbatterien** zu **90%** festgestellt worden

Da nun

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{entladene Ah}}{\text{aufgeladene Ah}} \cdot \frac{\text{mittl Entladespannung}}{\text{mittl Ladespannung}}$$

und fur Lichtbatterien

die **mittlere Entlade**spannung **1,96 Volt,**
die „ **Lade**spannung **2,35 Volt**

ist, so durfte der

$$\textbf{Wirkungsgrad} = 0{,}9\,\frac{1{,}96}{2{,}35} = 0{,}75,$$

also **75%** betragen

Daß Wirkungsgrad und Mengenverhältnis kleiner als 1 sind, ist erklärlich, denn

1. ist bei Ladung infolge der hohen Sauredichte in den Poren sowie außerdem noch wegen der außen an den Platten auftretenden Gasentwicklung eine Spannung erforderlich, die ganz wesentlich hoher ist wie Ruhe- und Entladespannung des Akkumulators,

2. geht das Gas, welches gegen Schluß der Ladung außen an den Platten in die Hohe steigt, zu dessen Erzeugung aber elektrische Energie erforderlich ist, nutzlos in die Luft,

3. findet eine nutzlose Verlängerung der Ladedauer infolge von Ausgleichsstromen statt, die dadurch zustande kommen, daß Masseteilchen in der Nahe des Bleitragers sich auf hoherer Spannung befinden als solche an der „sichtbaren" Oberflache der Platten. die Saure in ihrem Innern ist wesentlich dichter als dort, wo sie mit der „freien" Saure in Verbindung stehen,

4 treten Warmeverluste durch Mischung sehr dichter mit dunner Saure auf (Verdunnungswarme) Bei Ladung z B quillt aus den Poren konzentrierte Saure in die dunne „freie" Saure Diesem Umstand ist in der Hauptsache die Erwarmung der Saure zuzuschreiben Ganz gering ist der noch hinzukommende Verlust durch Stromwarme, da der innere Widerstand des gesunden Akkumulators verschwindend klein ist.

Hieraus geht klar hervor, daß stets mehr Amperestunden oder Wattstunden aufzuladen sind, als entnommen werden konnen Durch Versuche der Akkumulatorenfabriken ist fest-

gestellt worden, daß im Mittel der Wirkungsgrad bei ganz reiner Säure von 15° C Temperatur sowie Anwendung des in der Bedienungsvorschrift angegebenen Entladestroms und des höchstzulässigen Ladestroms beträgt

1. bei Lichtbatterien:
   bei 1 stündiger Entladung = 0,70 bis 0,69
   „ 2 „ „ = 0,72
   „ 3- bis 10 stündiger Entladung = 0,75 bis 0,73

2. bei Pufferbatterien 0,85,

falls die Gasentwicklung völlig vermieden wird.

Je größer die Platten sind, um so kleiner ist der Wirkungsgrad.

Man kann also bei Lichtbatterien nur 90% der aufgeladenen Amperestunden, bzw. 69 bis 75% der aufgeladenen Kilowattstunden wieder nutzbar entladen, oder man muß

a) in Amperestunden

$$\frac{100}{0{,}9} = 111\%\ \text{aufladen, also}\ 11\%\ \text{mehr,}$$

als man entnommen hat;

b) in Kilowattstunden bei 70%, 72% und 75% Wirkungsgrad

und 1std Entladung $\frac{100}{0{,}7} = 143\%$ aufladen, also 43% ⎫
„ 2std. „ $\frac{100}{0{,}72} = 139\%$ „ „ 39% ⎬ mehr
„ 3- bis 10std „ $\frac{100}{0{,}75} = 133\%$ „ „ 33% ⎭

als entladen wurde.

Hat man demnach durch Amperestundenzähler festgestellt, daß 500 Ah der Batterie entnommen sind, so müssen $500 + 0{,}11 \cdot 500 = 555$ Ah wieder aufgeladen werden. Oder hat der Kilowattstundenzähler 10 kWh Entladung angezeigt bei Entnahme eines Stroms, der zwischen dem 3- und 10 stündigen liegt, so sind $10 + 0{,}33 \cdot 10 = 13{,}3$ kWh wieder aufzuladen, natürlich unter genauester Beobachtung der Gasentwicklung und Säuredichte gegen Schluß der Ladung, da die Zähler unter Umständen recht falsch gehen.

Sind doch die nach Gesetz zulassigen „Verkehrsfehlergrenzen“ wie folgt bestimmt·

Belastung	$^1/_1$,	$^1/_2$,	$^1/_5$,	$^1/_{10}$	
Fehler:	6,6	7,2	9	12%	zu wenig oder zu viel

Ferner wird man zweckmaßig, wenn es der Betrieb und die Rucksicht auf die Rentabilität der Anlage zulassen, nicht mit den auf der Bedienungsvorschrift angegebenen höchstzulassigen Stromen laden oder entladen, sondern, wenn irgend angangig, mit wesentlich kleineren, da hierdurch ein hoherer Wirkungsgrad der Batterie erzielt wird. Es steigt nämlich mit sinkendem Strome die mittlere Entladespannung und fallt die mittlere Ladespannung.

Eine weitere kleine Steigerung läßt sich auch durch Aufstellung des Akkumulators in einem kühlen Raum erzielen.

Lade- und Entladestromstärke, Gasentwicklung und Sauretemperatur beeinflussen Mengenverhältnis und Wirkungsgrad, so daß
bei Lichtbatterien
a) das Mengenverhaltnis zwischen 90 bis 97%,
b) der Wirkungsgrad zwischen 69 bis 85%,
bei Pufferbatterien
a) **das Mengenverhältnis zwischen 98 bis 99%,**
b) der Wirkungsgrad zwischen 83 bis 88%
schwankt

7. Pufferbetrieb.

Die Ruhespannung einer Pufferzelle betragt bei 1,20 Sauredichte 2,08 Volt Fur 1500 Volt Netzspannung sind daher $\frac{1500}{2,08} = 721$ Zellen erforderlich[1])

Steigt oder fallt die Säuredichte um 0,01, so erhoht oder erniedrigt sich die Ruhespannung pro Zelle um 0,01 Volt.

So ist es auch erklarlich, daß bei lebhaftem Pufferbetrieb die Ruhespannung der Batterie etwas fallt

Ein Akkumulator kann nach Ladung bis zur Gasentwicklung nicht sofort im Pufferbetriebe Verwendung

---

[1]) Die Betriebsspannung der Wendelsteinbahn betragt 1500 Volt und wurde deshalb eine Pufferbatterie von 721 Zellen installiert

finden, da sonst unzulassig hohe Spannungsschwankungen auftreten.

Sie ruhren daher, daß die Negativen eine Überspannung besitzen, die durch Entladung beseitigt werden muß. Diese ist mindestens soweit durchzufuhren, bis 10% der garantierten Kapazitat entnommen sind Erst dann ist ein Pufferbetrieb mit minimalen Spannungsschwankungen möglich.

Mit 90 bis 25 % der garantierten Kapazität puffert jede gesunde Batterie tadellos.

Unter 25 bis 20 % der garantierten Kapazitat ist wiederum ein Pufferbetrieb mit geringer Anderung der Batteriespannung

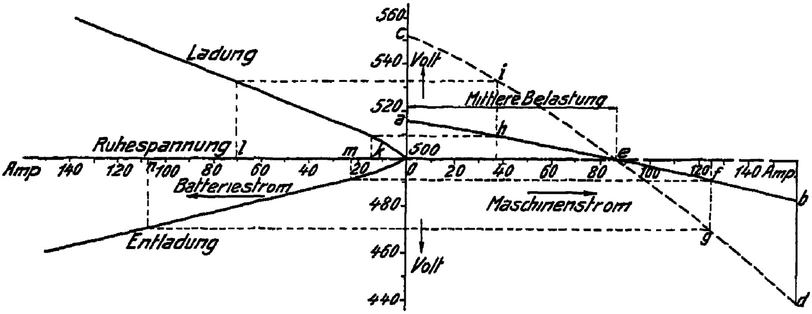


Abb 21

unmoglich, weil der innere Widerstand der Platten sich bereits durch schlecht leitendes Sulfat zu stark vergrößert hat.

Pufferbatterien sind ferner stets in gleichem Ladezustande zu halten, d. h es mussen die entnommenen Amperestunden immer durch eine entsprechende Ladung sofort wieder ersetzt werden Lädt man aber mehr als notig, so tritt allmahlich Gasentwicklung auf, und die Batterie puffert infolgedessen schlecht Sie muß dann aus den oben angefuhrten Gründen erst eine Weile entladen werden, ehe sie wieder in gewunschter Weise arbeitet

Durch Saureerwarmung steigt die Pufferfahigkeit einer Batterie, da dann der Sauretransport aus den Platten bei Ladung und in die Platten bei Entladung viel leichter und rascher vor sich geht als bei kaltem Elektrolyt.

Im Pufferbetriebe darf der Akkumulator bei mittlerer Belastung weder geladen noch entladen werden. Bei Überlastung soll er die Maschinen automatisch unterstützen, bei Entlastung dagegen die überschüssige Energie aufnehmen. Die Spannung moderner Zentralen-Maschinen fällt aber mit zunehmender Belastung außerordentlich wenig ab (Abb. 21, Kurve *a, h, e, f, b*), so daß bei Überlastung die Batterie nur mit dem kleinen Strome *v, m* entladen, bei Entlastung mit dem ebenfalls sehr kleinen Strome *o, k* geladen wird: der Akkumulator greift also einerseits nicht kräftig genug ein, anderseits empfängt er zu wenig Ladung. Verläuft aber die Spannungscharakteristik stark abfallend, etwa nach Kurve *c, i, e, g, d,* so springt er bei Überlastung mit dem kräftigen Strome *o, n* ein und wird bei Entlastung mit dem starken Strome *o, l* geladen. Damit nun der Akkumulator selbsttätig dem jeweiligen Energiebedarf entsprechend zur Entladung kommt und auch wieder entsprechend aufgeladen wird — er soll sich ja immer in nahezu gleichem Ladezustand befinden —, so muß eine Zusatzmaschine angeordnet werden, die in dem Augenblicke, wo der Akkumulator unterstützend einspringen soll, die Batteriespannung um maximal *bd* erhöht, bei Maschinenentlastung dagegen die Netzspannung maximal um *ac* vergrößert (Abb. 21). Diese Zusatzmaschine besitzt eine besondere Erregermaschine (Abb. 22) mit zwei Feldwicklungen *ab* (von der Batteriespannung beeinflußt) und *cd* (vom Netzstrom beeinflußt), die sich bei mittlerer Netzbelastung in ihrer magnetischen Wirkung gegenseitig aufheben, so daß also die Erregermaschine spannungslos ist. Demzufolge erhält die Feldwicklung *ef* der Zusatzmaschine keinen Strom: sie ist also gleichfalls spannungslos, so daß die Ruhespannung der Batterie gleich der Netzspannung ist, — ihr Strom ist 0. Steigt jedoch die Netzbelastung über das Mittel, so ist das Kraftlinienfeld der Wicklung *cd* höher als das von *ab*. Die Erregermaschine entwickelt also Spannung und sendet durch die Wicklung *ef* Strom in einer solchen Richtung, daß die Spannung der Zusatzmaschine sich zur Akkumulatorspannung addiert. Die Batterie gelangt aufs Netz zur Entladung. Sinkt aber die Netzbelastung unter das Mittel, so überwiegt Wicklung *ab*. Die Polarität der Erregermaschine

kehrt sich um, die Feldwicklung *ef* erhält Strom in umgekehrter Richtung, und die Zusatzmaschinenspannung addiert sich zur Netzspannung· die Batterie wird geladen Lade- und Entladestrom sind natürlich um so hoher, je mehr Kraftlinien die uberwiegende Feldwicklung durch den Anker der Erregermaschine sendet.

Mit Hilfe der Regulierwiderstande *R* und *r* kann erreicht werden, daß die Generatoren in der Zentrale nebst ihren

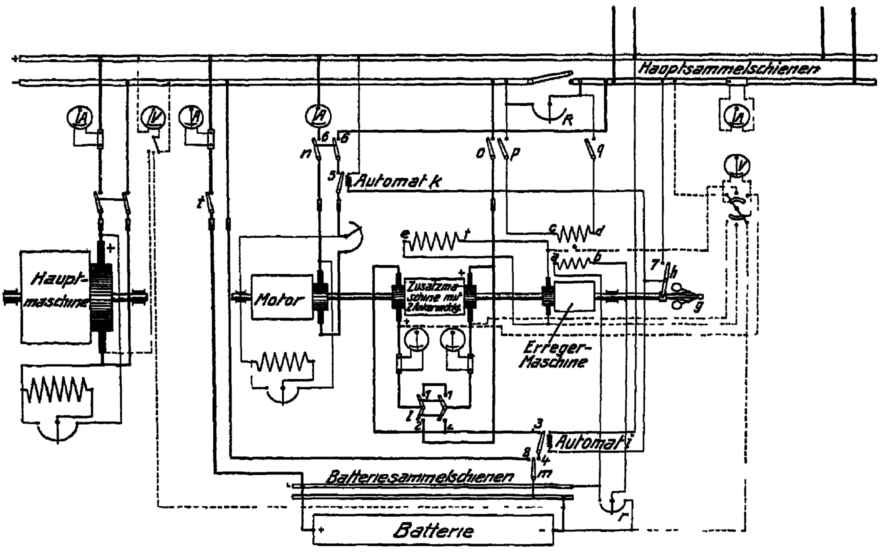


Abb 22

Antriebsmotoren stets gleichstark belastet sind und die Netzspannung auch bei starken Belastungsschwankungen sich nur wenig andert

Zur Erlauterung der Schaltung Abb. 22 diene noch folgendes.

Der Schalter *l* ist angeordnet, um die beiden Ankerwicklungen der Zusatzmaschine bei Stellung 1 hintereinander, bei Stellung 2 parallel zu schalten, damit bei gewohnlicher Aufladung der Batterie — also nicht im Pufferbetriebe — zunachst mit maximaler Stromstarke (Schalter *l*, Stel-

lung 2—2) bis zum Beginn der Gasentwicklung, hierauf aber bei Stellung 1—1 mit halber Stromstärke und höherer Spannung geladen werden kann.

Im Pufferbetriebe steht Schalter *l* auf 2—2, Schalter *m* auf Kontakt 4, Automat *i* auf Kontakt 3 und Automat *k* auf Kontakt 5, Schalter *n* auf Kontakt 6; die Schalter *opqt* sind geschlossen. Tritt im Netze Kurzschluß ein, so schaltet der Maximalautomat den Generator vom Netze ab. Der Motor dreht das Zusatzaggregat nicht mehr, so daß dieses von der Batterie als Motor mit viel höherer Spannung als auf dem Leistungsschilde vermerkt angetrieben wird. Es kehrt zunächst seine Drehrichtung um, weil die Stromrichtung in Anker und Feld die gleiche bleibt wie vorher, als das Aggregat noch als Generator arbeitete. Seine Tourenzahl kann dann eine die Kollektoren und Ankerwicklungen gefährdende Höhe annehmen. Um das zu verhindern, ist der Zentrifugalregulator *g* angeordnet, der bei unzulässiger Steigerung der Tourenzahl den Schalter *h* nach Kontakt 7 umlegt. Dann trennen die Automaten *i* und *k* Pufferaggregat und Motor vom Netz.

Die beschriebene Schaltung ist die sogenannte Piranischaltung. Diese genügt für Bahnbetriebe vollständig, wie langjährige Erfahrungen gezeigt haben. Man kann an das Kraftnetz sogar die Beleuchtung von Werkstätten und Bureaux mit anschließen, wenn nicht hohe Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Lichtes gestellt werden.

Sonst ist es nötig, eine verbesserte Piranischaltung, nämlich die **Lancashireschaltung**[1]), zur Anwendung zu bringen. Das Diagramm (Abb. 23), das von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin, mit selbstregistrierenden Instrumenten aufgenommen wurde, zeigt deutlich, daß bei Lancashireschaltung trotz starken Auf- und Niederwogens der Energie im Kraftnetze die Netzspannung praktisch konstant ist. Die Dynamomaschinen des Pufferaggregats sind natürlich wegen der rasch vor sich gehenden Belastungsänderungen mit lamellierten Magneten und Wendepolen versehen, im Betriebe ist an den Kollektoren nicht die geringste Funkenbildung zu bemerken.

1) Electrician 1909, S. 418—420.

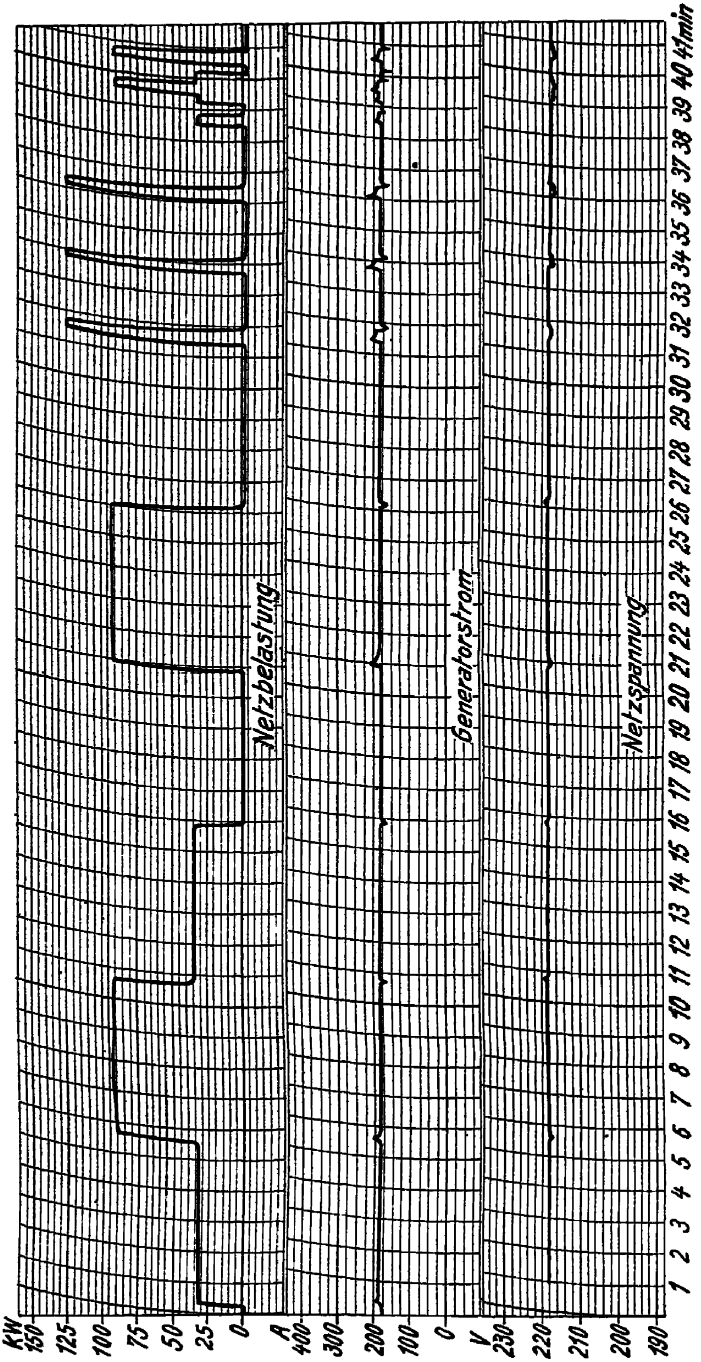

Netzbelastung
Generatorstrom
Netzspannung
KW 150 125 100 75 50 25 0
A 400 300 200 100 0
V 230 220 210 200 190
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 min

Abb 23

8. Isolationszustand einer Batterie.

In den Errichtungsvorschriften des V D E wird eine bestimmte Isolationsgröße fur Sammler nicht gefordert, weil z. Z allgemeingiltige Grenzwerte nicht festgestellt sind.

Der Isolationszustand wird bei einer neuen Batterie hoch sein, er verschlechtert sich aber im Laufe der Jahre mehr und mehr, da die Holzbalken infolge des Säuredunstes bei Ladung und durch verschuttete Flüssigkeit leitend werden, ferner die Glasisolatoren sowie etwa an der Wand verlegte Batterieleitungen sich mit einer säurehaltigen, ebenfalls leitenden Staubschicht uberziehen, falls sie nicht ofters von Staub

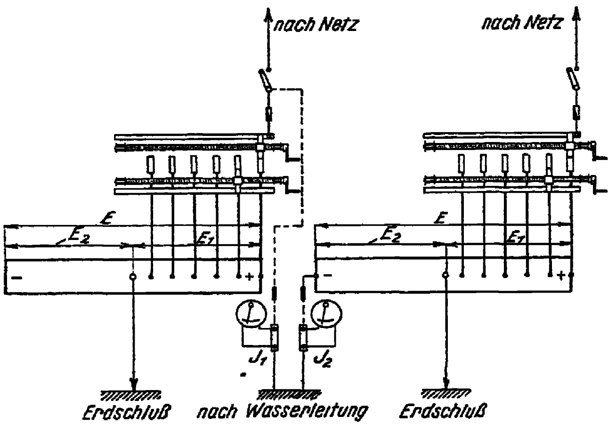


Abb 24

gereinigt und gehorig durch Abreiben getrocknet werden. Der Akkumulatorenstrom kann durch diese leitenden Teile zur Erde abfließen

Eine sehr einfache Methode, den Isolationszustand zu bestimmen, ist folgende

Man schaltet die Batterie vollstandig vom Netze ab und legt unter Vorschaltung einer Sicherung (wegen moglichen Kurzschlusses) ein Präzisionsamperemeter an den Pluspol (Abb. 24), das man erdet Dies zeigt dann einen Strom J_1 an, da der Stromkreis infolge der Erdschlußstelle geschlossen ist. Sind die Teilspannungen bis zur Fehlerstelle E_1, resp E_2 und ist die Batteriespannung E, so ergibt sich, falls R_i den Isolationswiderstand bedeutet

$$E_1 = R_i \cdot J_1 \text{ Volt.}$$

Legt man dann das Instrument, wie Abb. 24 zeigt, an den Minuspol, so ist:

$$E_2 = R_i \cdot J_2 \text{ Volt}$$

Da nun $E_1 + E_2 = E$ ist, so ergibt sich:

$$R_i = \frac{E}{J_1 + J_2} \text{ Ohm}$$

Diese Gleichung gilt auch dann, wenn die Batterie beliebig viele Erdschlußstellen besitzt, wie von Dr. Liebenow bewiesen[1]).

Verf. bestimmte den Isolationswiderstand einer Batterie von 246 Volt Spannung, deren teilweise nasses, 20 Jahre altes Holzgestell niemals vom Staub gereinigt und trocken gerieben worden war, zu

$$R_i = \frac{246}{0{,}234 + 0{,}316} = 447 \text{ Ohm}^{2)}.$$

Die Messung wurde nach jedesmaliger Einschaltung einer anderen Zellenschalterleitung wiederholt und ergab jedesmal den gleichen Wert. ein Zeichen, daß die Erdschlußstelle nicht in diesen zu suchen war, sondern entweder im Holzgestelle oder in den zum Teil an der Wand verlegten Verbindungsleitungen der einzelnen Elementreihen

(Aufsuchen der Erdschlußstelle siehe II Kap , Abs 6)

Jede Erdschlußstelle einer Batterie hat zur Folge, daß man einen Schlag erhält, wenn man nicht auf trockenem Holz- oder Steinfußboden, resp. auf dem von der Fabrik gelieferten wohlisolierten Laufboden steht, weil man die Stelle des Amperemeters in Abb. 24 einnimmt

Neuerdings sind in Bahnanlagen u dgl Hochspannungsbatterien installiert worden, bei denen wegen der zu befurchtenden Erdschlusse der Gestelle und der damit fur das Personal verbundenen Lebensgefahr ganz besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen worden sind Abb 25 zeigt, daß außer hochwertiger Isolierung der Elementgestelle und Laufstege jede

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1899, S 360

[2]) Gut gewartete Batterien haben einen wesentlich hoheren Isolations-Widerstand

Berührung der Wände durch isolierte Holzzäune unmöglich gemacht ist. Etwa vorhandene Säulen, Fensterrahmen, eiserne

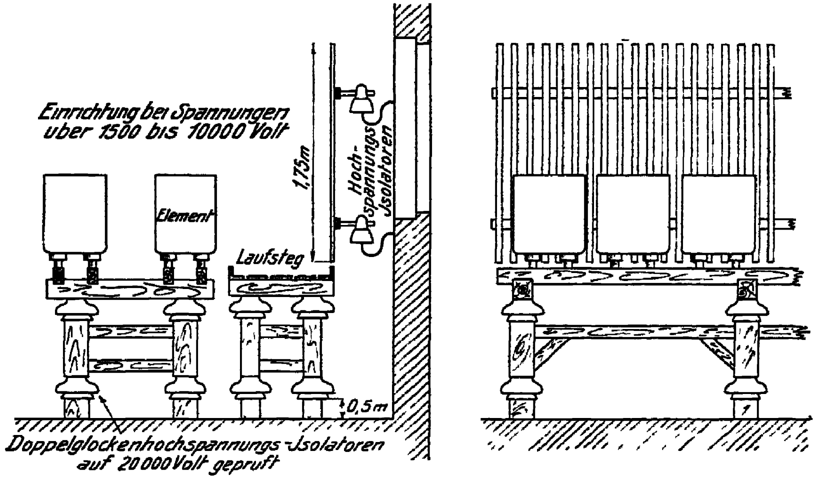


Abb 25

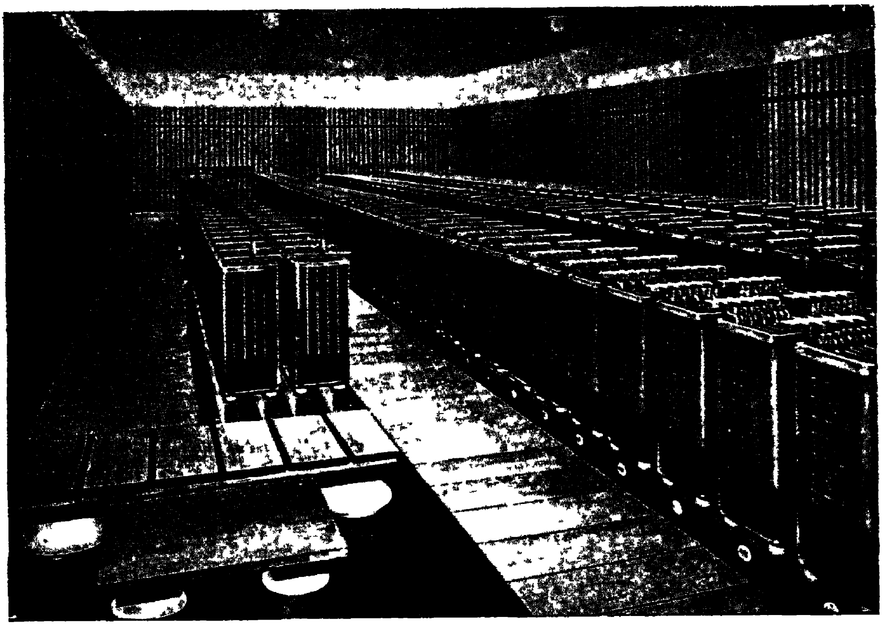


Abb 26

Treppen müssen den gleichen Schutz erhalten, falls sie von der Laufbühne aus berührt werden können

Abb. 26 zeigt die Isolierung der Hochspannungsbatterie der Wendelsteinbahn, die bei 1500 Volt Betriebsspannung aus 721 Elementen JS_1 besteht und eine Stunde lang 100 Amp. zu liefern imstande ist.

Die gesamten Sicherheitsmaßnahmen wurden von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin, erdacht und mit Erfolg ausgeführt.

I. Kapitel.

A. Entstehung einer wirklichen Krankheit des Akkumulators

1. infolge zu geringer Ladung.

1. Fall. Um erhebliche Spannungsschwankungen im Netze zu vermeiden, verwendet man in Betrieben mit sehr veranderlicher Belastung, wie in Förderanlagen, Walzwerken, Elektrizitätswerken, vielfach Pufferbatterien.

Jede derartige Batterie wird nach Volladung bis zur lebhaften Gasentwicklung, aber vor Beginn des eigentlichen Pufferbetriebes, um ca 10% ihrer Kapazität entladen, damit ihre eigenen Spannungsschwankungen moglichst gering ausfallen. Infolge dieser Maßnahme bildet sich im Innern der Masse der Negativen fein verteiltes Bleisulfat, während die Positiven davon einen dünnen Überzug erhalten. Das Sulfat kristallisiert, wohl infolge Temperaturschwankungen der Saure, die in der Hauptsache durch Anderung der Sauredichte beim Puffern hervorgerufen werden Die kleinsten der so entstandenen Kristalle losen sich bei Warmezunahme — bei 1,18 bis 1,20 Sauredichte allerdings sehr langsam —, um sich bei Abkuhlung der Saure wahrend der Betriebspausen auf den nicht gelosten großeren niederzuschlagen, die infolgedessen wachsen

Wenn nun erst nach wochenlangem Pufferbetrieb bis zur lebhaften Gasentwicklung an beiden Plattensorten geladen wird, so bleiben die größten Sulfatkristalle in beiden Plattensorten bestehen (Grund siehe Kap III, Abschn A 3) Da nun nach jeder Ladung bis zur vollen Gasentwicklung 10% der Kapazitat entnommen werden, so vermehren

sich die großen Sulfatkristalle im Laufe der Zeit, und die + Platten erhalten eine harte, isolierende Sulfatkruste, die sich infolge der Kristalle sandig anfuhlt und wegen ihrer engen Poren das Eindringen der Saure in die Masse erschwert

Positive wie Negative erleiden einen ganz allmahlich fortschreitenden Kapazitatsverlust

Da bei Vorhandensein von Brettcheneinbau dem Ladestrom die Losung großer Bleisulfatkristalle und damit deren Umwandlung zu Bleischwamm viel leichter gelingt als ohne solchen, so weisen Batterien mit derartigen Scheidewanden zwischen den Platten meist nur einen Kapazitatsruckgang der Positiven auf, der sich aber verhaltnismaßig leicht durch zweckentsprechende Ladungen beseitigen laßt

2. Fall. Auch Lichtbatterien, die von einer zu kleinen Zusatzmaschine geladen werden, sind unter Umstanden starker Sulfatierung ausgesetzt, wie folgendes Beispiel zeigt

In einer Fabrik mit zehnstundigem Betriebe wurde an Stelle einer Batterie von 216 Ah Kapazität und 72 Amp. höchstzulässigem Ladestrom eine solche von 648 Ah Fassungsvermogen und 216 Amp Maximalladestrom installiert, jedoch unter Beibehaltung der 75-Amp -Zusatzmaschine

Dem Akkumulator wurde bei Tage uberhaupt nichts entnommen, um seinen gesamten Inhalt an elektrischer Energie im Falle eines Maschinendefektes zur Verfugung zu haben; nachts wurden 25 % seiner Kapazitat zu Beleuchtungszwecken verwendet

Obwohl nun die Dynamomaschine imstande war, wahrend der Ladeperiode ohne weiteres 180 Amp herzugeben, gestattete die zu kleine Zusatzmaschine nur, dem Akkumulator 75 Amp zuzufuhren. Dies konnte aber nur so lange geschehen, bis gerade die Negativen lebhaft gasten, dann mußte der Hauptgenerator wieder mit Vollast aufs Netz arbeiten

Weil nun Gasentwicklung eintrat, so glaubte das Bedienungspersonal, der Akkumulator sei genugend geladen Tatsachlich gelangten aber die positiven Platten uberhaupt nicht zur Gasentwicklung

Es wurde also nicht alles durch Entladung gebildete Sulfat in der Masse der + Platten beseitigt; das ubrigbleibende kristallisierte; die großten Kristalle beseitigte der

Ladestrom nicht, so daß also durch neue Entladungen eine ständige Vermehrung derselben stattfand Infolgedessen trat allmählich ein Kapazitätsrückgang der Positiven ein.

3. Fall. Jedes Elektrizitätswerk ist bestrebt, seine Maschinen möglichst voll zu belasten, um einen guten Wirkungsgrad der Anlage zu erzielen. Ein und derselbe Generator muß daher zu Zeiten schwacher Belastung nicht nur das

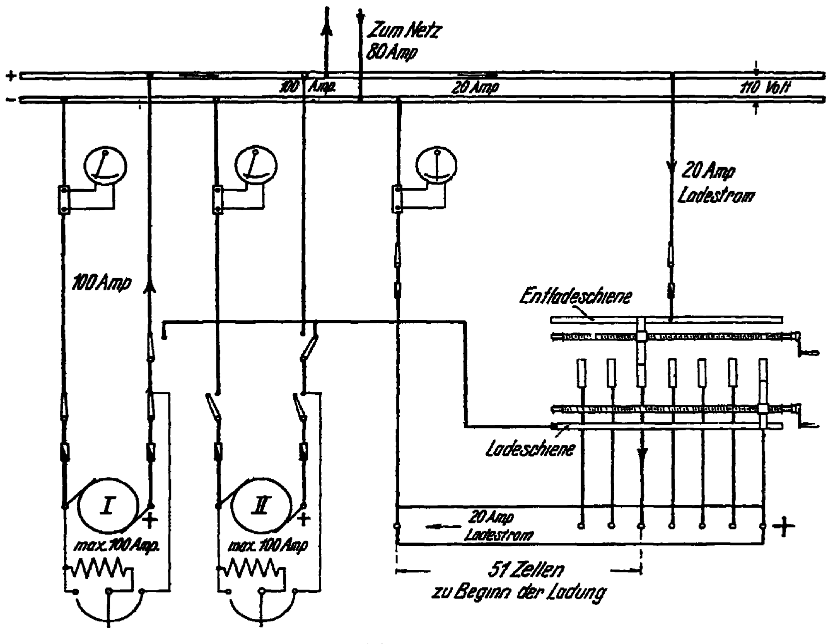


Abb 27

Netz, sondern auch den Akkumulator zwecks Ladung speisen Diese kann nun

a) durch den Ladehebel unter Zuhilfenahme der Zusatzmaschine,
b) durch den Entladehebel bei parallelgeschaltetem Netz erfolgen (Abb 27)

Obwohl nur Methode a zulässig ist, wird doch auch bei Fehlen einer Zusatzmaschine das Verfahren b häufig angewendet, um nicht eine weitere Maschine, in diesem Falle Generator II, für den Ladebetrieb einstellen zu müssen. Welche Nachteile dies mit sich bringt, soll an einem Beispiel gezeigt werden

Es sei einer 110-Volt-Batterie mit 10stundigem Strom die garantierte Kapazitat entnommen worden Dann hat unter Zugrundelegung der Entladecharakteristik ABC, Abb. 28, die Beanspruchung der Zellenschalterelemente

Nr.	6	5	4	3	2	1
ungefähr	100%,	95%,	50%,	22%,	9,5%,	1,5%

betragen

Bei der darauf folgenden Ladung durch den Entladehebel darf die Gegenspannung der Batterie nicht höher als die Netzspannung steigen.

Ist nun ein Pendeln derselben zwischen 109 bis 111 Volt gestattet, so sind zu Beginn $\frac{109}{2,13} = 51$ Zellen einzuschalten, falls die Ladecharakteristik nach Abb 16 verlauft Nun muß die Abschaltung eines Elements erfolgen, wenn die Spannung der Zelle den Wert $\frac{111}{51} = 2,18$ Volt (Abschaltspannung) erreicht hat. Sucht man diesen Wert in Abb 16 auf, so liest man eine Ladedauer der Zelle Nr 9 von 50 Minuten ab. Auf Grund dieser Überlegungen ergibt sich die folgende Tabelle:

Zellen-Nummer	Abschaltspannung in Volt	Ladedauer in Min.
1 bis 8	—	0
9	2,18	50
10	2,23	105
11	2,27	140
12	2,32	175
13	2,37	197
14	2,42	206
15	2,48	216
16	2,54	223
17	2,60	228
18	2,66	235
19	2,72	241
20 bis 60	2,78	250

Nach 10stundiger Entladung muß aber einer Batterie, laut Abb. 16, 270 Minuten lang elektrische Energie bei vor-

schriftsmäßigem konstanten Strome zugeführt werden. Um also wenigstens die Stammbatteriezellen Nr. 20 bis 60 vollzuladen, ist es nötig, noch 20 Minuten durch den Ladehebel

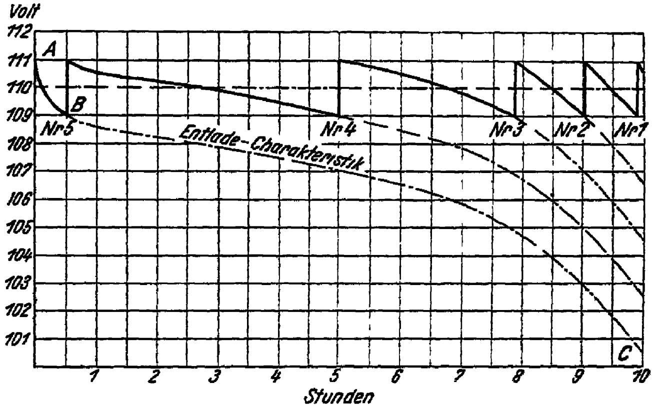


Abb. 28

nachzuladen. Fur den Fall nun, daß hierbei sämtliche Zellen eingeschaltet werden, sind unter Benutzung der vorstehenden beiden Tabellen in Diagramm Abb 29 die Beanspruchung und Ladezeit der einzelnen Elemente eingetragen

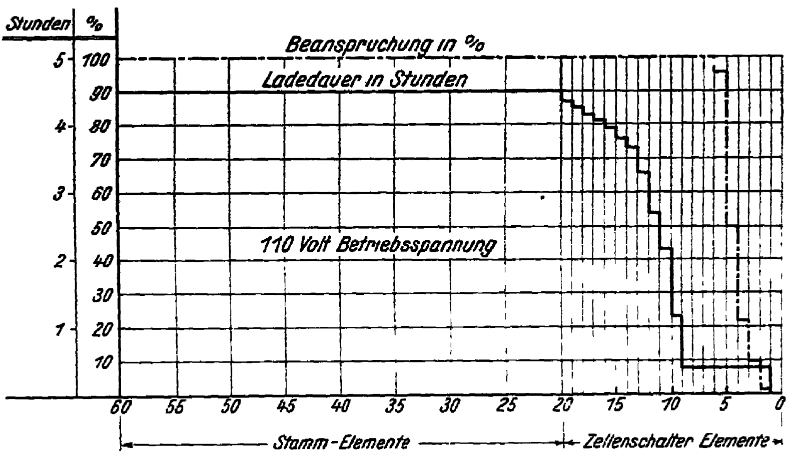


Abb 29

Aus demselben erkennt man, daß die Zellen Nr. 4 bis 12 zwar sehr stark beansprucht, aber nur ganz wenig geladen werden

Findet nun keine ordentliche Nachladung obiger Elemente statt, dagegen weiterhin die unzulassige Ladung durch den Entladehebel, so werden sie schließlich spannungslos und polen um. (Siehe Fall 14.)

Die Masse der Negativen erfährt dann infolge der uberreichlichen Sulfatbildung meist eine so starke Zunahme ihres Volumens, daß sie teilweise auslauft; bei den Positiven dagegen macht sich ein scharfes Krummen des Massetragers bemerkbar, gleichfalls infolge der starken, aber ungleichmäßig vor sich gehenden Bildung schwefelsauren Bleies.

Die Platten stehen in außerordentlich dunner Saure, da der großte Teil der im Elektrolyten enthaltenen konzentrierten Saure zur Sulfatbildung verbraucht wurde. Die Loslichkeit des Bleisulfats ist aber in Saure, die ein wesentlich niedrigeres oder höheres spez. Gewicht als 1,10 bis 1,20 hat, sehr hoch. Infolgedessen konnen sich bei Temperaturschwankungen der Säure Sulfatkristalle rasch vergroßern. Wahrend in den Fällen 1 und 2 immerhin längere Zeit dazu gehört, damit sich schwer lösliche Kristalle bilden, so genugen hier unter Umständen wenige Tage.

Alle die genannten Umstande fuhren einen schnellen und betrachtlichen Kapazitatsverlust beider Plattensorten in den betreffenden Elementen herbei.

Jede Akkumulatorenfabrik verbietet daher mit Recht auf der Bedienungsvorschrift das „Laden bei Parallelbetrieb".

Derartige unsachgemaße Ladungen kommen durchaus nicht selten vor. Eine Ersparnis im Betriebe wird hierdurch sicherlich nicht erzielt, da in kurzer Zeit eine Anzahl Zellen auf Kosten des Besitzers erneuert werden mussen.

Bei 220-Volt-Anlagen sind besonders die Zellen Nr. 8 bis 24 gefahrdet.

4. Fall. Aber auch ein moglichst hoher Wirkungsgrad des Akkumulators wird angestrebt, und zwar mit Hilfe der „amerikanischen Lademethode". Danach ladt man zweimal hintereinander die Batterie mit soviel Amperestunden, als man herausgenommen hat (Ladung ohne Gasentwicklung); das dritte Mal erfolgt eine Mehrladung, indem man 111%

der herausgenommenen Amperestunden auflädt (Ladung mit Gasentwicklung).

Ist A die einem Sammler entzogene Amperestundenzahl, $E_1 = 1{,}96$ Volt die mittlere Entladespannung, $E_2 = 2{,}275$ Volt die mittlere Ladespannung ohne Gasentwicklung, $E_3 = 2{,}35$ Volt diejenige bei Gasentwicklung, so ist der Wirkungsgrad aus allen drei Ladungen:

$$\eta = \frac{3\,A\,E_1}{2\,A \cdot E_2 + 1{,}11\,A \cdot E_3} = \frac{3\,E_1}{2\,E_2 + 1{,}11\,E_3}$$

$$= \frac{3 \cdot 196}{2 \cdot 2{,}275 + 1{,}11 \cdot 2{,}35} = 0{,}825,$$

also im günstigsten Falle 82% statt höchstens 75% bei Ladung mit jedesmaliger Gasentwicklung.

Der Jahreswirkungsgrad ist jedoch nicht so hoch: er beträgt im günstigsten Falle nur 78%, da eine Erkrankung der Batterie und demnach umfangreiche Nachladungen unvermeidlich sind, die evtl. Betriebsstörungen nach sich ziehen.

Während der beiden Ladungen ohne Gasentwicklung wird nämlich nicht alles Sulfat in aktive Masse umgewandelt, da ja nur soviel Amperestunden aufgeladen werden, als entnommen sind. Infolge unvermeidlicher Temperaturschwankungen der Säure bilden sich Sulfatkristalle, die um so größer und unlöslicher werden, je längere Pausen zwischen den einzelnen Ladungen liegen. Durch die jedesmalige dritte Ladung mit Gasentwicklung kann nur ein Teil dieser Kristalle in aktive Masse umgewandelt werden, so daß die Kapazität des Akkumulators allmählich zurückgeht.

5. Fall. In einer Anlage von 224 Volt Netzspannung sind statt 124 Zellen nur 120 installiert, weil man die Betriebsspannung im Laufe der Zeit zwecks Deckung der Spannungsverluste erhöht hatte. Die Stammbatterie besteht aus 80 Zellen, die gegen Schluß der Ladung $80 \cdot 2{,}75 = 220$ Volt Spannung aufweisen. Um nun die Netzspannung aufrechtzuerhalten, begeht dann zuweilen das Personal den Fehler, Zellen mit dem Entladehebel zuzuschalten (Abb. 30), ohne zu bedenken, daß dann die Elemente zwischen Lade- und Entladehebel während der Ladung der übrigen Batterie zur Entladung kommen. Werden nun dem Akkumulator im Betriebe z. B.

70 bis 90% seiner Kapazität entnommen, so sinkt die Spannung der bereits entladenen Zellenschalterelemente so bedeutend unter die tiefstzulassige, daß evtl. ein Auslaufen der Masse der Negativen auftritt.

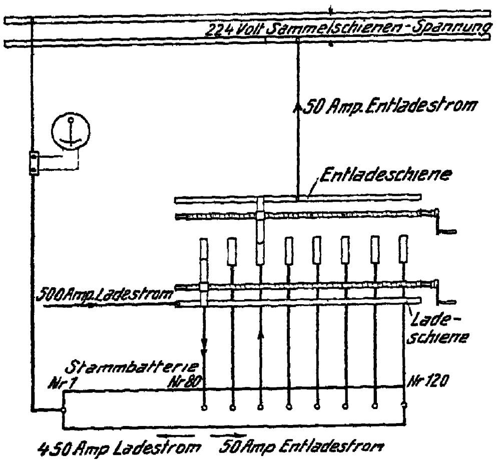


Abb 30

Bei öfterer Wiederholung des beschriebenen Vorganges muß die Kapazitat dieser Elemente heruntergehen, die Positiven werden immer starker beansprucht, und der allmahliche Untergang der Platten ist unausbleiblich.

6. Fall. Zu viel anzeigende Voltmeter, Amperemeter und Zahler sind häufig die Ursache zu geringer Ladung, falls das Personal entgegen der Bedienungsvorschrift nur den Instrumenten Beachtung schenkt, nicht aber der allein maßgebenden Gasentwicklung und Sauredichte gegen Schluß der Ladung. Es tritt gleichfalls starke Sulfatierung der Positiven, evtl auch der Negativen, mit all den erwahnten Nachteilen auf.

2. infolge Überladung, Ladung mit zu starkem Strome, mehrmaligen Ladens an demselben Tage bis zur vollen Gasentwicklung.

7. Fall. Ebenso häufig wie zu geringe Ladung kann man Überladung der Stammbatterie feststellen Unter Überladung versteht man das unzulassig lange Laden.

Schon vom wirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet empfiehlt es sich nicht, einer Batterie mehr elektrische Energie zum Zwecke der Ladung zuzufuhren, als unbedingt notig.

Es seien z. B. von 126 Zellen einer vollig geladenen Batterie noch 105 Elemente auf Ladung geschaltet. Ihre

Kapazität betrage 10000 Ah, ihr höchstzulässiger Ladestrom 3330 Amp. Dann werden zu Beginn der Ladung $2{,}2 \cdot 3300 \cdot 126 = 915000$ Watt verbraucht. Arbeitet nun der Elektrizitätserzeuger während der ganzen Ladung mit gleichmäßiger Belastung, so beträgt der Ladestrom am Schluß der Ladung $\frac{915000}{2{,}75 \cdot 105} = 3170$ Amp. Wird nun z. B. an 200 Tagen nur 5 Minuten $= {}^1/_{12}$ Stunde zu lange geladen, so ergibt dies pro Jahr, falls die Selbstkosten der Kilowattstunde 0,1 M. betragen, einen unnötigen Geldverlust von

$$\frac{0{,}1 \cdot 3170 \cdot 2{,}75 \cdot 105 \cdot 200}{1000 \cdot 12} = 1530 \text{ M.},$$

ganz abgesehen von dem Schaden, welcher den positiven Platten durch unnötig lange Gasentwicklung zugefügt wird. Die Masse wird in größerer Menge abgerissen, als wenn nur so lange geladen wird, wie unbedingt erforderlich. Es wird auch die Reinigung der Batterie vom Schlamm infolgedessen früher als unter normalen Verhältnissen nötig.

Solche schädliche Überladungen finden vielfach in solchen Anlagen statt, wo während des ganzen Tages vom Überschuß an elektrischer Energie ohne jede Aufsicht und Registrierung geladen wird

8. Fall. Häufig treten auch Überladungen infolge falschgehender Zähler auf.

Falls ein Entlade- und ein Ladezähler vorhanden sind, will man mit Recht möglichst knapp, also nach „Wirkungsgrad" laden, hält es dann aber vielfach für vollständig überflüssig, die Gasentwicklung der Positiven und Negativen am Schlusse der Ladung zu beobachten Zeigt z B der Entladezähler 75 kWh an, so wird dem Akkumulator so lange Energie zugeführt, bis man am Ladezähler $\frac{75}{0{,}75} = 100$ kWh abliest. Gibt nun aber zufälligerweise der Entladezähler 6% zu viel an, während der Ladezähler richtig geht, so war die wirkliche Batterieentladung nur $75 - 0{,}06 \cdot 75 = 70{,}5$ kWh. Demzufolge durften nur $\frac{70{,}5}{0{,}75} = 94$ kWh dem Akkumulator zugeführt werden Es findet also eine nicht

unbeträchtliche Überladung um 6 kWh statt, die natürlich auf die Dauer die Batterie schädigt

9. Fall. Durch zu wenig anzeigende Voltmeter, Amperemeter und Ladezähler können gleichfalls starke Überladungen hervorgerufen werden, wenn das Bedienungspersonal die Gasentwicklung nicht genügend beobachtet und sich hauptsächlich nach den Instrumenten an der Schalttafel richtet.

10. Fall. Es gibt Anlagen mit Dreileitersystem, wo die Batterie Spannungsteiler ist und nur die Möglichkeit besteht, beide Batteriehälften in Hintereinanderschaltung zu laden Der Installateur hat aus Sparsamkeitsrücksichten die Maschinen nicht mit Spannungsteilern versehen.

Wird dann der einen Batterieseite mehr Energie entnommen als der anderen, so muß die weniger entladene Batteriehälfte jedesmal überladen werden, um die stärker entladene gehörig nachzuladen Falls nun solche Überladungen recht oft nötig sind, so ist eine schwere Schädigung der Batterie unvermeidlich.

11. Fall. Häufig benutzt man in elektrischen Anlagen zum Andrehen der Explosionsmotoren den mit ihnen gekuppelten Gleichstromerzeuger als Motor, dem während der Anlaßperiode Energie aus einer Akkumulatorenbatterie zugeführt wird

Um den Anlasser zu sparen und die Stammelemente zu schonen, verwendet man nicht die gesamte Batterie, sondern nur 7 bis 9 Zuschaltzellen, und zwar häufig solche, die gleich auf die Stammzellen folgen Wie aber Abb 29 zeigt, sind gerade diese Elemente, z B Nr 20 bis 12, so stark beansprucht wie die Stammbatterie Sie werden also beim Anlassen des Gasmotors tiefer entladen als diese Bei gewissenhafter Wartung lädt man dann Nr 12 bis 20 bis zur vollen Gasentwicklung wieder auf, hierbei wird aber die Stammbatterie überladen

12. Fall. Ferner kann bei Zellenschalterelementen, die zwischen Lade- und Entladehebel liegen, trotz richtiggehender Amperemeter ebenfalls ein Laden mit zu starkem Strom auftreten, wenn während der Ladung durch den Entladehebel bei Fehlen einer Zusatzmaschine Energie an das

Netz abgegeben wird. Die Stromverteilung in diesem Falle zeigt Abb 31.

Man erkennt, daß in dem angenommenen Falle die Stammbatterie den höchstzulässigen Strom J_{max} erhalt, während die schraffierten Zellenschalterelemente den Strom $J_{max} + J_1$ führen, wenn J_1 der Strom ist, der ins Netz geht.

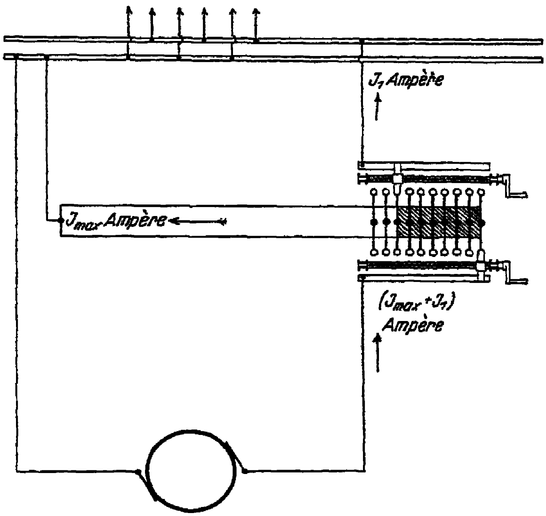


Abb 31.

Solange nun die Stromlieferung J_1 an das Netz von der Maschine aus durch die Zellen zwischen Lade- und Entladehebel in mäßigen Grenzen geschieht, schadet es den Zellen nichts. Vielfach will man aber aus ganz falsch angebrachter Sparsamkeit eine weitere Maschine bei steigender Netzbelastung nicht anlassen und entnimmt dann eine so hohe Energiemenge durch den Entladehebel für das Netz, daß die fraglichen Zellen einen viel zu starken Ladestrom erhalten, der so heftige Gasentwicklung zur Folge hat, daß die weiche Masse der Positiven heruntergespult wird die Lebensdauer der Positiven sinkt

Deshalb steht auch in solchen Elementen der Schlamm meist hoher wie in den Stammzellen, ja es kann sogar bei mangelhafter Wartung vorkommen, daß die fraglichen Zellen nur noch wenig oder gar nicht gasen, weil die Positiven den Schlamm beruhren Die Negativen zeigen auf ihrem Rucken grau aussehende Schlammablagerung

13. Fall. In vielen Anlagen wacht man angstlich daruber, daß sich der Akkumulator stets in vollgeladenem Zustande befindet, um im Falle einer Betriebsstorung eine moglichst lang andauernde Reserve zu haben Nun wird es aber vielfach vorkommen, daß die Batterie wahrend des Betriebes dann

und wann auf kurze Zeit Strom zur Unterstützung der vollbelasteten Maschinen liefern muß. Dies ist besonders in Fabriken mit Elektromotorantrieb der Werkzeugmaschinen usw. der Fall. Sobald dann die Belastung der stromerzeugenden Maschinen wieder im Sinken begriffen ist, wird sofort wieder auf Ladung gehalten, so daß der Akkumulator täglich *einigemal bis zur vollen Gasentwicklung* geladen wird.

Infolgedessen wird viel mehr aktive Masse von den positiven Platten abgerissen, als wenn *täglich nur einmal* bis zur vollen Gasentwicklung geladen wurde, und die + Platten werden unnötigerweise geschwächt.

3. infolge von Umladung und Selbstentladung.

14. Fall. Manchmal befinden sich in einer Batterie einige Zellen, die nur noch einen geringen Bruchteil ihrer ursprünglichen Kapazität besitzen. Dies kann daher rühren, daß die Negativen sich selbst entladen (Fall 28), oder daß eine unzulässige Ladung durch den Entladehebel (Fall 3) stattgefunden hat, oder daß Elemente, die längere Zeit unter Kurzschluß gestanden haben, ungenügend wiederaufgeladen worden sind.

Wird nun der Batterie die gesamte oder nahezu die volle Kapazität entnommen, so verlieren derartige Zellen die ihre völlig und werden spannungslos, noch bevor die gesunden Elemente bis zur zulässigen Spannungsgrenze entladen sind.

Da aber der Entladestrom auch weiterhin durch sie hindurchgeht, so wirkt er auf die Platten dieser Zellen wie ein Ladestrom, nämlich formierend.

Sendet man durch zwei in Säure stehende Bleiplatten einen Strom, so wird *die* Platte, in die er eintritt, *positiv* formiert. Da nun in diesem Falle der Entladestrom in die ursprünglich negativen Platten der spannungslosen Zellen eintritt, so verwandelt er sie in positive, die ursprünglich positiven Platten in negative, es findet also *Umladung* statt.

Der Bleischwamm der negativen Platten verwandelt sich teilweise in Bleisuperoxyd, in der Hauptsache aber in Bleisulfat. Bleisuperoxyd und Bleisulfat nehmen aber ein größeres Volumen ein als der früher vorhandene Bleischwamm. Infolgedessen quillt die Masse der Negativen so stark, daß sie teilweise ausläuft.

Die Masse der positiven Platten wandelt sich in Bleischwamm, in der Hauptsache aber in Bleisulfat um. Letzteres hat sich aus dem mit dem Bleiträger verwachsenen Bleisuperoxyd gebildet. Wenn aber **der größte Teil** des vorhandenen Bleisuperoxyds sich in Bleisulfat verwandelt, so quillt die Masse so stark auf, daß der mit ihr fest verbundene Träger aus Weichblei in Länge und Breite wächst. Da aber das Sulfat ganz unregelmäßig auf dem Bleiträger verteilt ist, so verzieht und wirft sich derselbe. Die Positiven krümmen sich also stark und wachsen.

Die starke Sulfatbildung bewirkt, daß die Platten in außerordentlich schwacher Säure stehen, in der sich sehr kleine Sulfatkristalle bei Erhöhung der Temperatur rasch lösen. Bei einer darauffolgenden Abkühlung werden die noch vorhandenen Kristalle an Größe zunehmen, so daß also die großen Kristalle auf Kosten der kleinen wachsen[1]. Es bildet sich also eine isolierende Schicht größerer Sulfatkristalle, welche die Wiederherstellung der früheren Kapazität solch einer umgepolten Zelle sehr erschweren.

Natürlich addiert sich die Spannung derartig umgeladener Elemente nicht zur Spannung der übrigen Batterie, sondern subtrahiert sich infolge der entstehenden Gegenspannung. Es ist dann unmöglich, dem gesunden Teile der Batterie die garantierte Kapazität zu entnehmen, falls die vorgeschriebene Netzspannung nicht unterschritten werden darf.

15. Fall. Wird nur wenig entladen und selten geladen, vielleicht nur alle 2 bis 3 Wochen, so sulfatieren unter allen Umständen **beide** Plattensorten.

Das Sulfat bildet sich durch Selbstentladung der Platten (siehe Einleitung, Abschnitt 4).

Diese Erscheinung tritt öfters anfangs Herbst bei Theater- oder Warenhausbatterien auf.

16. Fall. Villenbatterien, die häufig 1/4 bis 1/2 Jahr überhaupt weder entladen noch geladen werden, zeigen bei Wiederbeginn des Betriebes oft ganz verschiedene Eigenschaften. Während die Kapazität der einen nach ordnungsgemäßer Aufladung sofort wieder vorhanden ist, zeigt eine

[1]) Professor Elbs, Die Akkumulatoren. 1896. S. 40.

andere starken Kapazitätsnachlaß; ihre + Platten sehen infolge hohen Sulfatgehalts gelb bis gelbbraun aus und die Oberfläche fühlt sich hart und sandig an; negative Gitterplatten mit Glasrohreinbau haben an den Kontaktstellen, also an den Rippen, zusammenhängendes, sandig sich anfühlendes Bleisulfat.

Dieses verschiedene Verhalten dürfte

1. im Zustande der Batterie zu Beginn der langen Ruhepause,
2. im Aufstellungsort

seine Ursache haben.

Wird ein Akkumulator im „geladenen" Zustand außer Betrieb gesetzt, so ist in der Masse nur noch wenig Sulfat vorhanden; geschieht dies aber nach Entnahme der garantierten Kapazität, also „entladen", so hat sich ungefähr 50 % der Masse bereits in Sulfat verwandelt. Während des nun folgenden Ruhezustandes bildet sich schwefelsaures Blei durch Selbstentladung, die pro Tag etwas unter 1 % der garantierten Kapazität beträgt (Siehe Einl., Abschn. 4.) Befindet sich also eine **„entladene"** Batterie über 100 Tage im Ruhezustande, so ist sie mit ca. 200 % ihrer garantierten Leistung entladen. Die aktive Masse ihrer Platten ist sehr stark mit Sulfat durchsetzt, und der Elektrolyt besteht aus ganz schwach angesäuertem Wasser, da die konzentrierte Säure zur Bildung des schwefelsauren Bleies verbraucht wurde. Die Masse der Negativen wird meist infolge dieser übermäßigen Sulfatbildung teilweise ausgetrieben, oder sie schrumpft.

Ist nun eine solche Batterie z. B. auch noch unter Dach aufgestellt, wo infolge der Witterung öfters auf große Erwärmung der Säure starke Abkühlung erfolgt, so werden sich jedenfalls ganz andere Mengen kleinerer und größerer Sulfatkristalle bilden können als bei der „geladenen", da ja ungefähr die doppelte Sulfatmenge vorhanden ist und sehr rasch Bildung großer Kristalle eintritt, sobald die Säuredichte wesentlich unter 1,10 gesunken ist. Dann ist die Löslichkeit des schwefelsauren Bleies eine sehr hohe. (Am geringsten ist sie zwischen 1,10 und 1,20 Säuredichte.)

Es ist also sehr wohl möglich, daß eine Batterie, die „geladen" dem Ruhezustande überlassen wurde und nur ganz

geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt war, weil sie z. B. im Keller steht, bei Wiederbeginn des Betriebes sich in tadellosem Zustande befindet, während eine andere, unter solchen Verhältnissen wie beschrieben, starke Kapazitätseinbuße erleidet.

4. infolge zu tiefer Entladung.

17. Fall. Wie bereits früher erwähnt, nimmt das bei Entladung sich bildende Bleisulfat ein größeres Volumen ein als das Bleisuperoxyd, aus dem es entsteht. Es lockert infolgedessen die Masse der positiven Platten auf. Bei tiefer Entladung wird nun viel mehr Sulfat gebildet als bei schwacher, so daß also auch eine erheblich stärkere Auflockerung der Masse eintritt. Nach vorangegangener tiefer Entladung eines Akkumulators wird das gegen Schluß der Ladung aufsteigende Gas demnach eine größere Menge Masse abreißen können als nach schwacher Beanspruchung desselben, so daß jedenfalls die Schwächung der Plattenrippen nahezu proportional der entnommenen Energie erfolgt. Kapazitätsnachlaß und Verfall der positiven Platten treten also um so früher auf, je tiefer entladen wird.

Meist wird man innerhalb zehn Jahren — dieser Zeitraum bildet häufig für Rentabilitätsberechnungen die Grundlage — durchschnittlich mit einmaliger Erneuerung der Positiven rechnen müssen, wenn im Jahresmittel über 70% der garantierten Kapazität entnommen wird.

Wenn also eine Batterie im Sommer täglich mit 50%, im Winter täglich mit 100%, also im Jahresmittel mit 75% der garantierten Leistung beansprucht wird, so wird sie zu tief entladen, obwohl sie imstande ist, 100% Leistung abzugeben. Die Folgen dürften sich an den Positiven zeigen, — unter Umständen noch in viel kürzerer Zeit an den Negativen, die stark schrumpfen und schließlich verbleien, wenn der Akkumulator nicht mit Kastenplatten und Brettcheneinbau oder mit solchen Negativen versehen ist, deren Masse Quellstoffe enthält.

Verfasser konnte die Folgen solch tiefer Entladung in einer Großbäckerei beobachten, wo von einer viel zu klein gewählten Batterie nachts einige Glühlampen sowie die Mo-

toren fur die Teigteilmaschinen und den Fahrstuhl gespeist wurden. Obwohl die Gluhlampen in den Morgenstunden nur noch dunkelrot brannten — ein Zeichen der volligen Erschopfung der Batterie —, so wurde doch uber ¾ Jahr in dieser Weise gewirtschaftet Die Folge davon war nicht nur totales Schrumpfen der Masse der negativen Gitterplatten — die Masseblöckchen lagen lose im Gitter —, sondern auch starke Abnutzung der positiven Platten

Als Verfasser die Batterie — sie stammte von der ehemaligen A.-G. Boese — nach ordentlicher Aufladung untersuchte, war sie bereits in einer, statt in drei Stunden leer. Jetzt wurde die Batterie durch eine genugend große ersetzt Der Besitzer hatte sich also durch den zu kleinen Akkumulator einen ganz erheblichen Schaden zugefugt

Die Wahl einer zu **kleinen** Batterie ist einer der haufigsten Fehler, die aus falsch angebrachter Sparsamkeit begangen werden

18. Fall. Zu starke Beanspruchung des aktiven Materials kann ihren Grund auch darin haben, daß eine Batterie, die fur den betr Betrieb durchaus nicht zu klein ist, bis zur tiefstzulässigen Spannung mit ganz schwachem Strom unter Einschaltung von Pausen entladen wird.

Jedesmal bei Aussetzen der Stromlieferung erholt sich außerdem die Batterie, d. h ihre Spannung steigt wieder an, weil zu der an Schwefelsaure verarmten aktiven Masse der Platten neue gelangen kann Dies hat gleichfalls noch eine weitere kleine Zunahme der Kapazitat zur Folge Daraus geht hervor, daß hier eine Beanspruchung der Batterie stattfindet, die 100% der garantierten Kapazitat weit übersteigt

Wird z B der zwanzigstundige Strom ohne jede Ruhepause entnommen, so hat der Akkumulator ungefahr 44% mehr Kapazität, als wenn er mit dreistundigem entladen wird

Ein starkes Wachsen der positiven Platten nach der Seite und in die Lange und ihr vorzeitiger Untergang ist die unausbleibliche Folge, da die Positiven bis ins Innerste zur Stromlieferung herangezogen werden; die Masse ungeeigneter negativer Gitterplatten schrumpft

Diese Verhaltnisse findet man haufig in elektrischen Zentralen von kleineren Städten oder Badeorten. Während des Sommers oder Winters ist die Anlage so schwach belastet, daß es nicht lohnt, die Maschinen laufen zu lassen. Man speist dann von der sehr *großen* Batterie allein das Netz während vieler Tage, bis die zulassige Spannungsgrenze erreicht ist. Dann erst wird wieder auf Ladung gefahren.

19. Fall. In vielen Anlagen wird des Nachts die Netzspannung durch einen automatischen Zellenschalter konstant gehalten. Dabei kann es vorkommen, daß z. B. der Funkenentzieher an den Kontakt stößt, über den er hinweggleiten soll. Infolgedessen wird der Motor uberlastet, und seine Sicherungen gehen durch. Der Entladeschlitten bleibt dann mit seinen Bursten auf zwei Kontakten stehen, so daß die zwischen ihnen liegenden Zellen über den Hilfswiderstand mit ihrem höchstzulassigen Strom unter Umständen bis auf 0 Volt Spannung entladen werden.

Sorgt man nun nicht für sofortige gehörige Aufladung, so bildet sich unter Umstanden infolge Temperaturschwankungen schwerlösliches Bleisulfat an positiven und negativen Platten.

20. Fall. In kleineren Elektrizitatswerken, welche nachts keinen Maschinenbetrieb haben, wird vielfach mit dem *Hauptzahler* die von der Batterie abgegebene Kilowattstundenzahl dadurch bestimmt, daß man abends am Schluß und morgens bei Beginn des Betriebs ihn abliest

Gehen nun in den Hauptbetriebsstunden max 450 Amp. ins Netz, so ist der Hauptzähler sicher fur 500 Amp vorgesehen Nachts betragt aber der Strombedarf des Netzes vielleicht nur 20 Amp oder noch weniger, also ca. 4% der Vollbelastung des Zahlers Dann kann es vorkommen, daß er zeitweise *stehen bleibt* und infolgedessen viel zu wenig anzeigt. Liest nun das Personal die **Säuredichte** weder abends bei Schluß noch morgens bei Beginn des Betriebes ab und richtet sich nur nach den Zahlerangaben, so ist es moglich, daß in derartigen Betrieben die meist sehr kleine Batterie des Nachts *dauernd* nahezu oder vollig entladen wird

Die Hohe der Ladeenergie ist unbekannt, da man sie wahrend des Tagesbetriebes ohne jede Registrierung mit

veränderlichem, meist schwachem Strome dem Akkumulator zuführt.

Verfasser ist ein Fall bekannt, wo der viel zu große Zähler 30 % Batteriebelastung anzeigte, während sie tatsächlich 90 % betrug!

Die Betriebsleitung ist natürlich von der geringen Beanspruchung des Akkumulators überzeugt und wundert sich, wenn nach einigen Jahren die Kapazität zurückgeht und evtl. Reparaturen erforderlich werden

21. Fall. Stehen Akkumulatoren in nächster Nähe von Dampfkesseln, Auspufftöpfen von Gasmotoren, Heizkörpern, oder heizt der Fuchs einer Kesselanlage eine Wand des Batterieraumes, so nimmt die Luft eine so hohe Temperatur an, daß die Säure stark erwärmt wird und infolgedessen die Kapazität des Sammlers beträchtlich steigt. (Abb. 20) Die Temperatur der Säure kann die Höhe von 30 bis 40° C erreichen, wenn der Akkumulator in einem Keller mit ungenügender Ventilation aufgestellt ist.

Wird nun in einer solchen Anlage die Batterie immer bis nahe zur Spannungsgrenze entladen, so findet eine dauernde Beanspruchung von weit über 100 % der garantierten Kapazität statt, falls nur die Raumtemperatur stets nahezu gleich bleibt und alle 1 bis 2 Tage Ladung stattfindet

Infolge solch tiefer Entladung werden die Positiven bis ins Innerste zur Stromlieferung herangezogen, ihre vielen feinen Bleirippen erleiden eine so starke Formierung, daß sie zerfallen Die Lebensdauer der + Platten dürfte dann höchstens 4 bis 5 Jahre betragen.

Bei negativen Platten kann die Masse infolge überreichlicher Sulfatbildung entweder so stark quellen, daß sie teilweise ausläuft; sie kann aber auch stark schrumpfen und sich vom Gitter lösen, je nach Herkunft der — Platten Dies hat natürlich einen Kapazitätsverlust derselben zur Folge

5. infolge langjähriger Benutzung.

22. Fall. Im Material jeder Maschine, sei es eine Dampfmaschine nebst ihren Dampferzeugern, sei es ein Gasmotor oder eine elektrische Maschine, gehen im Laufe der Zeit Ver-

änderungen vor sich, die zunächst Reparaturen und schließlich nach kurzerer oder längerer Zeit, je nach Güte des Fabrikats, Außerbetriebsetzung notig machen.

Der Akkumulator bildet naturlich hiervon keine Ausnahme! Der in der Masse der Negativen fein verteilte Rußzusatz wird im Laufe der Jahre allmählich herausgespult; andere inerte Substanz, z B Bimsstein, bleibt zwar in den Platten, wird aber bei einiger Beanspruchung der Masse durch Entladung unwirksam. Dann ballen sich (schrumpfen, sintern) die einzelnen Bleipartikel nach und nach zu Klumpchen zusammen, die im Laufe der Zeit größer werden Die Masse beginnt zu „verbleien", und die Negativen verlieren sehr schnell ihre Kapazitat, da infolge der immer geringer werdenden Porosität der Massekuchen die Säure zu immer weniger Masseteilchen gelangen kann

Diesen Zustand hat Verfasser an stark beanspruchten Batterien mit negativen Gitterplatten, Bimssteinzusatz und Glasrohreinbau, die falsch behandelt sowie gar nicht gewartet wurden und keine Quellmittel, wie z B. Bariumsulfat, enthielten, bereits nach 1- bis 2jahrigem Betriebe vorgefunden

Im Gegensatz hierzu zeigen gut gewartete Batterien, die z. B. mit Kastenplatten und Brettcheneinbau versehen sind, erst nach 15 oder noch mehr Jahren nur ein Schrumpfen der Massekuchen

Aber auch die positiven Platten verandern sich im Laufe der Zeit, da das sich bildende, fest mit der Großoberflachenplatte verwachsene Bleisulfat ein großeres Volumen als das Bleisuperoxyd einnimmt. Infolgedessen muß eine sehr kleine Dehnung der Weichbleiplatte bei jeder Entladung stattfinden, und zwar nach Breite und Lange Bei Entladung bis zur Kapazitatsgrenze wird die Ausdehnung infolge der großeren Bleisulfatmengen naturlich viel starker sein, als wenn nur eine geringe Beanspruchung der Platte stattfindet. So ist es möglich, daß nach mehreren hundert sehr tiefen Entladungen die + Platte nach jeder Seite um 1 cm oder mehr, in die Lange um 1 bis 4 cm gewachsen sein kann.

Da ferner eine positive Platte wohl niemals vollstandig gleichmaßig an ihrer Oberflache und im Innern arbeitet,

so werden evtl. vollig geladene Stellen neben teilweise entladenen liegen Infolgedessen dehnt sich die Platte verschieden stark aus, dies kann ein teilweises Krummen derselben zur Folge haben. Besonders der untere Teil der + Platte entlädt sich stets viel starker als der obere, da er in dichterer Saure steht und der Strom infolge des freien Raumes unterhalb der Platten einen größeren Saurequerschnitt und deshalb geringeren Widerstand vorfindet. — Der obere Teil wird sich daher nicht so stark seitlich dehnen als der untere, der sich muldenformig krummt, weil er sich infolge des Zusammenhanges mit dem oberen nicht soweit ausdehnen kann, wie er möchte

Nun bringt ja dieses Wachsen und Sichkrummen der positiven Platten an und fur sich keinen Kapazitätsnachlaß hervor, aber die + Platten berühren viel früher den Schlamm, als wenn sie nicht wachsen wurden, oder sie beruhren die negativen Platten, und es entsteht Kurzschluß. Außerdem konnen die Glaser oder Stutzscheiben durch eine zu breit gewordene Platte gesprengt werden. Durch das Wachsen wird also eine Erkrankung des Akkumulators eingeleitet.

Es ist aber nicht nur die Entladung, sondern in erster Linie die sich immer wiederholende Ladung am schließlichen Untergange der positiven Platten schuld

Gegen Ende jeder Ladung tritt ja starke Gasentwicklung auf, das Gas steigt mit großer Heftigkeit in die Hohe, lockert allmahlich an der Oberflache der positiven Platten die aktive Masse und löst sie nach und nach ab Sie fällt zu Boden und bildet den Bleischlamm Je ofter nun bis zur volligen Gasentwicklung geladen wird, desto dunner werden die vielen feinen Rippchen der Positiven Nach Jahren tritt eine betrachtliche Kapazitatsabnahme ein, die Platten sind so stark verbraucht, daß sie unter Umstanden beim Anfassen zerfallen.

Bei guter Wartung und mittlerer Beanspruchung einer Batterie durfte dieser Zustand — man konnte ihn als Altersschwache bezeichnen — erst nach 10 Jahren oder noch später eintreten; bei sehr starker Beanspruchung dagegen, je nach Gute der Wartung, bereits nach 5 bis 7 Jahren

6. infolge Kurzschlusses einzelner Zellen.

23. Fall. Läßt die Wartung einer Batterie zu wunschen übrig, so ist es leicht möglich, daß Fremdkorper, wie Holz und Stroh, durch Einfüllen der Saure unmittelbar aus dem Ballon, oder daß Pappe und Glasscherben in die Zellen gelangen. Wenn sie nicht beseitigt werden, findet auf ihnen allmahlich eine Anschwemmung von Masseteilchen statt, die endlich eine sehr gut leitende Brücke zwischen positiven und negativen Platten darstellen. Eine solche Zelle entlädt sich dann allmählich, auch ohne daß ihr Strom entnommen wird.

Auch können sich benachbarte Platten infolge Krümmens unmittelbar beruhren oder unter Vermittlung von Metallstuckchen, die auf den Zellenrändern liegen oder in die Zellen gefallen sind. Manchmal stehen die Platten auch im Schlamm. So wird jene leitende Verbindung hergestellt, die man als „Kurzschluß" bezeichnet

Besonders bei Glasrohreinbau besteht eine hohe Kurzschlußgefahr, falls die + Platten stark zum Krummen neigen und das Bedienungspersonal, sobald es deren Krummung bemerkt, sie nicht sofort durch Zwischenglasrohre absteift.

Besitzen Elemente mit Glasrohreinbau auch noch Glasabdeckung, so ist die Kurzschlußgefahr noch größer, da die Glasplatten in den meisten Anlagen wohl nur äußerst selten abgenommen werden Das Bedienungspersonal wiegt sich, eben weil die Elemente geschutzt erscheinen, so lange in Sicherheit, bis es durch einen Kurzschluß daruber belehrt wird, daß sich schon langst die Platten gekrummt haben

Verhaltnismaßig geringe Kurzschlußgefahr besteht bei Hartgummiplatten- und Brettcheneinbau

Wie ein Kurzschluß wirkt, zeigt Abb 32

Infolge der kurzschließenden Verbindung *k* der beiden Elektroden *a* und *b* fallt deren Spannung gegenuber der der ubrigen parallel geschalteten Platten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 bzw 8; 9; 10; 11; 12, 13 Da aber zwischen den Bleileisten *A* und *B* nur eine Spannungsdifferenz herrschen kann, so mussen die Plattenpaare 1—8—2, 2—9—3 usw nach dem kurzgeschlossenen Plattenpaar *a*—*b* einen entsprechenden Ausgleichstrom senden, der durch die Bleileisten seinen Weg nimmt Er wird um so starker ausfallen und die vollstandige Selbst-

entladung des betreffenden Elements geht um so rascher vor sich, je widerstandsloser die Verbindung *k* ist und je innigere Verbindung sie mit den Platten hat, oder je fester sich die Platten unmittelbar aneinanderpressen und je großer die sich beruhrenden Flachen sind.

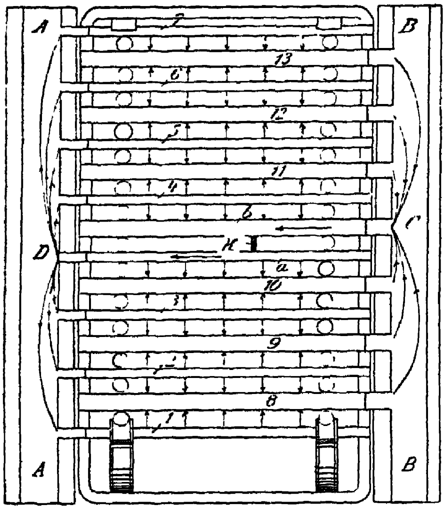


Abb 32

Da nun der Ladestrom seinen Weg nur durch die kurzgeschlossenen Platten nimmt, also nicht mehr auf die übrigen einwirkt, die Entladung aber so lange vor sich geht, bis die Masse beider Plattensorten nur noch aus Sulfat besteht, so stehen schließlich die Platten in ganz schwach angesauertem Wasser, die Saure ist eben zur Bildung der anormal großen Sulfatmengen verbraucht worden

Der Säuremesser sinkt unter. In außerordentlich dunner Säure besitzt aber das Bleisulfat eine ebenso hohe Loslichkeit wie in dichter. Die kleinsten Bleisulfatkristalle werden daher schnell gelost und schlagen sich bei Abkuhlung der Flussigkeit auf Kristalle nieder, die sich noch auf den Platten befinden Es bilden sich, falls ein Kurzschluß langere Zeit besteht, nach und nach große, durch den Ladestrom schwer losliche Kristalle. Die Positiven werden an der Oberflache hart, sehen gelbbraun aus und krummen sich teilweise sehr stark Bei Negativen lauft meist infolge uberreicher Sulfatbildung ein Teil der Masse aus

Wahrend ein Kurzschluß, der gleich nach seinem Entstehen[1]) beseitigt wird, der betreffenden Zelle nicht das

[1]) Das Bleisulfat tritt nach Entstehen in **amorphem** Zustande auf, geht aber nach längerer Zeit allmahlich in den **kristallinischen** über Bei amorpher Beschaffenheit des Sulfats wandelt es der Ladestrom sofort in PbO_2, resp Pb um, im andern Falle jedoch erfordert das sehr lange Zeit oder ist uberhaupt unmoglich

geringste schadet, so führen Kurzschlüsse, die mehrere Wochen bestehen, zu einem mehr oder minder starken Kapazitätsnachlaß, ja unter Umständen zum Untergang der Zelle.

7. infolge falschen Platteneinbaues.

24. Fall. Ist die Leistung einer Batterie oder einzelner Zellen infolge langjähriger Beanspruchung wesentlich zurückgegangen, oder hat es sich herausgestellt, daß der Akkumulator zu klein ist, so sucht man häufig die Kapazität dadurch wieder herzustellen oder zu erhöhen, daß man aus den einzelnen Elementen nur die schlechtesten + Platten herausnimmt und an deren Stelle *neue* geladene setzt, oder daß man zu den vorhandenen alten Plattenpaaren noch einige fügt, die aus gänzlich *neuen* geladenen Platten bestehen.

Verf. untersuchte einmal 14 Tage nach Beendigung einer solchen Reparaturarbeit eine Batterie. Diese hatte gänzlich neue negative Platten erhalten, und außerdem war in jeder Zelle der dritte Teil der positiven Platten durch neue ersetzt worden; ja, es hatte sogar jedes Element noch ein Plattenpaar aus ganz neuem Material erhalten. Es hatte bei normaler Säuretemperatur eine Kapazität von 100 % vorhanden sein müssen, zumal die alten Positiven noch gut aussahen und die Säure absolut rein war. Die Kapazitätsprobe ergab aber bei 30 °C nach vorausgegangener ausgedehnter Ruhepausenladung nur 93 % oder — reduziert auf Normaltemperatur — 78 % Kapazität.

Es ist dies ganz erklärlich, da ja bei Entladung die Spannungslage der Plattenpaare mit den *neuen* Positiven höher als diejenige der Plattensätze mit den *alten* Positiven ist. Da aber zwischen den Bleileisten eines jeden Elementes nur *eine* Spannungsdifferenz herrschen kann, so werden bei Entladung die Plattensätze mit den *neuen* Positiven *viel stärker* zur Stromlieferung herangezogen als die mit den alten. Da nun die neuen Plattenpaare einen *viel zu hohen* Strom liefern müssen, so *sinkt* ihre Kapazität *weit unter* die garantierte; die *alten* Positiven haben an und für sich bei weitem nicht die vorschriftsmäßige Kapazität, so daß also meist die garantierte Leistung *nicht* wieder hergestellt werden kann.

Sind die Negativen, die zu den neuen Positiven gehören, Gitterplatten ohne Quellstoffe mit Glasrohreinbau, so erkranken sie sehr schnell infolge der zu starken Beanspruchung: sie schrumpfen. Infolgedessen nimmt die Kapazität der betreffenden Plattenpaare nach und nach ab, und sie werden wegen ihrer ungeeigneten Negativen bald wieder ebensowenig leistungsfähig sein wie die anderen mit den *alten* Positiven. Es tritt also ein *rascher* und *steter* Rückgang der Gesamtkapazität des Akkumulators ein.

Das Einsetzen alter **und** *neuer positiver oder negativer Platten* **in ein und dieselbe Zelle** *ist daher ein grober technischer Fehler; ebenso auch das Einbauen von negativen Platten verschiedener Herkunft.*

8. infolge zu dichter Säure.

25. Fall. Naturgemäß verdunstet in sehr warmen Akkumulatorenräumen die Elementflüssigkeit sehr rasch, und es *steigt* die Säuredichte, da ja nur das destillierte Wasser verdunstet, nicht die mit ihm vermischte konzentrierte Schwefelsäure. Die Zellen müssen nachgefüllt werden

Prüft nun das Bedienungspersonal nicht vor dem Nachfüllen den Stand der Säuredichte und gießt einfach Säure von 1,18 Dichte anstatt Wasser nach, so steigt das spezifische Gewicht der Zellenflüssigkeit in kurzer Zeit ganz beträchtlich Mit steigender Säuredichte nimmt aber die Löslichkeit des Bleisulfats erheblich zu, und es bilden sich dann in viel kürzerer Zeit als sonst, wohl infolge von Temperaturschwankungen der Säure, Bleisulfatkristalle (die größeren Kristalle wachsen auf Kosten der kleineren), die bei Ladung nur zum Teil vom Strom in Superoxyd oder Bleischwamm umgewandelt werden können. Mit jeder weiteren Entladung entsteht Sulfat, von dem ein Teil rasch in Lösung geht und mit bereits vorhandenen Kristallen schwer lösliche bildet, so daß diese sich also fortgesetzt vermehren

Es werden besonders im Sommer, wo nicht alle Tage Ladung stattfindet, in erster Linie die negativen, dann aber auch die positiven Platten sulfatieren Die Sulfatmenge kann so groß werden, daß die Masse der Negativen stark quillt und teilweise ausläuft

Werden nun die mit hohem Widerstande für den elektrischen Strom behafteten Sulfatschichten nicht wieder beseitigt, so sinkt außer der Kapazität auch der Wirkungsgrad der Batterie, da eine *höhere Ladespannung* als bei einer gesunden eingehalten werden muß.

26. Fall. Es kommt manchmal vor, daß ein Akkumulatoren-Monteur nach einer Reparatur in einer Anlage Lötsäure von 1,83 spez. Gewicht in einem gewöhnlichen Säureballon zurückläßt, da keine Möglichkeit vorhanden war, sie wegzugießen, ohne Schaden anzurichten.

Das Bedienungspersonal vergißt, daß dieser Ballon *konzentrierte* Schwefelsäure enthält und verwendet sie zum Nachfüllen. Dann müssen sich natürlich die in Fall 25 erwähnten Nachteile recht bald einstellen.

27. Fall. Hat eine Zelle unter Kurzschluß gestanden und ist sie noch nicht nachgeladen worden, so steht die Säuredichte so niedrig, daß meist der Säuremesser völlig untersinkt (siehe Kap. I, Abschn 6) Das Personal füllt dann vielfach Säure von 1,18 Dichte nach, um den früheren Säurestand wiederherzustellen.

Dies ist aber falsch, da ja bei Nachladung des betreffenden Elements die im Bleisulfat chemisch gebundene konzentrierte Säure wieder frei wird und die Säuredichte also *ganz von selbst* den früheren Wert wieder erreicht.

Durch Nachgießen von Säure muß demnach die Säuredichte beträchtlich über 1,20 im geladenen Zustande steigen, was unter Umständen Sulfatierung der Platten zur Folge hat[1]).

9. infolge Säureverunreinigung.

28. Fall. Gegen Schluß der Ladung einer Batterie findet ein so heftiges Aufsteigen der Gasblasen am Säurespiegel statt, daß es den Eindruck erweckt, als *koche* die Säure

[1]) Vor Jahren erniedrigten die deutschen Akkumulatorenfabriken die Säuredichte von 1,25 auf 1,20 im geladenen Zustande, und zwar mit Recht, denn bei einem spezifischen Gewicht der Säure von 1,10 bis 1,20 löst sich das Bleisulfat viel *langsamer* und deshalb in wesentlich geringerer Menge als in außerordentlich dünner oder sehr dichter Säure Die Bildung großer, schwer löslicher Sulfatkristalle bei Schwanken der Säuretemperatur kann infolgedessen nicht sehr rasch vor sich gehen, die Gefahr einer Sulfatation des Akkumulators ist damit *verringert*.

Dieses Kochen hält nach Schluß der Ladung bei absoluter *Reinheit* der Säure nur noch einige Minuten an.

Ist aber die Elementsäure z. B. durch Platin-, Arsen-, Silber-, Antimon-, Nickel- oder Kupferteilchen verunreinigt, so hört an den *Negativen* die Gasentwicklung (das Kochen) auch nach Beendigung der Ladung *nicht* auf, es mussen sich aber hochstwahrscheinlich *wenigstens zwei*[1]) der genannten Metalle *gleichzeitig* im Elektrolyt befinden

Diese Metallteilchen, *Nachkochmetalle* genannt, wandern mit dem Ladestrom und setzen sich am Bleischwamm der Negativen fest Es bildet sich dann eine sehr große Anzahl außerordentlich kleiner kurzgeschlossener Elemente — Bleischwamm, Saure, Nachkochmetall —, die unter kraftiger *Wasserstoffgas*entwicklung eine *Selbstentladung* der negativen Platten, also Umwandlung des Bleischwamms in Sulfat, hervorbringen. Diese Gasentwicklung kann so heftig sein, daß die Batterie sowohl im Ruhezustande als auch bei Entladung den Eindruck macht, als koche sie.

Selbstentladung findet aber nicht nur im Ruhezustande und bei Entladung des Akkumulators statt, sondern *auch während der Ladung*, so daß die Ladespannuug auch *bei starker Überladung* niemals den vorschriftsmaßigen Hochstwert erreichen kann.

Eine Kapazitatsverminderung der Negativen infolge dieser Selbstentladung tritt nicht ein; nur ist es nicht mehr moglich, die *ganze* in ihnen aufgespeicherte Energie als Nutzstrom ins Netz zu senden, da sie sich eben teilweise selbst entladen, naturlich unter entsprechendem Spannungsabfall der Batterie, wie folgende Messung von Dr Kugel[2]) zeigt, die an 60 im *Ruhezustande* befindlichen Zellen von 215 Ah Kapazitat nach mehrstundiger Uberladung vorgenommen wurde·

Zeit	Volt	Zeit	Volt
9 Uhr	135	11,45 Uhr	95
10 „	104	12,15 „	90
11,25 „	101	3 „	83
11,35 „	96	11,30 „	78

Vormittag des folgenden Tages.

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1892, S 21

[2]) Elektrotechnische Zeitschrift 1892, Heft 1.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, wie solche schädliche Metalle in die Säure gelangen können.

Metallstaub, der in den Akkumulatorenraum fliegt, vermischt sich mit der Säure der einzelnen Zellen und wandert mit dem Strome zu den Negativen. Besonders solche Zellen, die unter Luftschächten oder Entluftungslaternen stehen, sind solchem Staub ausgesetzt.

Häufig bildet sich an Kupferleitungen dort, wo sie in die Polschuhe der Batterie eingelötet sind, Kupferoxyd, das abblättert und die Säure der betreffenden Zelle verunreinigt.

Zurzeit gibt es eine große Anzahl Werke, die sich das destillierte Wasser zum Nachfüllen der Zellen selbst herstellen. Vielfach geschieht dies durch Destillierapparate, die Kupferschlangen enthalten. Das Destillat wird dann stets kupferhaltig, auch wenn das Kupferrohr verzinnt ist, da das Zinn mit der Zeit abblättert. Die Folge davon ist eine allmähliche Anreicherung der Elementsäure mit Kupfer.

Öfters werden die Zellenschalterleitungen erst installiert *nach* Aufstellung des Akkumulators, wobei vielfach versäumt wird, die Elemente sorgfältig *zuzudecken*. Natürlich werden dann unter Umständen Kupferspänchen oder auch ganze Stücke Kupfer während der Leitungsmontage in die Zellen fallen.

Es ist natürlich auch möglich, daß Säure oder destilliertes Wasser schon in verunreinigtem Zustande von der chemischen Fabrik geliefert wird. So können — allerdings kommt dies äußerst selten vor — in der Schwefelsäure Platin, Eisen, Arsen oder Kupfer enthalten sein.

Auch ist es nicht völlig ausgeschlossen, daß trotz sorgfältigster Kontrolle in der Fabrik der Bleischwamm der Negativen ganz geringe Mengen Mangan, Kupfer, Antimon oder Silber enthält, weil die Bleiglätte nicht absolut rein war. Daß unreine Glätte unter Umständen Nachkocherscheinungen hervorrufen kann, dürfte daraus hervorgehen, daß manchmal Zellen mit ganz reiner Säure, die ein oder mehrere Male bei Entladung der Batterie *umpolten*, weil sie nach Beseitigung eines Kurzschlusses *nicht genügend aufgeladen* wurden, im Ruhezustande dann an den Negativen ständig Gas entwickelten. Der Sauerstoff, der sich bei Umpolung

an den Negativen bildet, dürfte die Verunreinigungen der Glätte zur Lösung gebracht haben.

Man sieht aus alledem, daß es wohl möglich ist, daß zwei verschiedene Nachkochmetalle an den Bleischwammplatten auftreten können.

29. Fall. Aber auch bei den *positiven* Platten besteht die Gefahr der Selbstentladung in besonders hohem Maße dann, wenn die Säure durch *Eisen* verunreinigt wird. Dieses löst sich in der Säure und bildet ein Eisensalz, das dem Superoxyd der positiven Platte den Sauerstoff entzieht: sie wird also entladen. Mit dem Ladestrome wandern dann die *sauerstoffbeladenen* Eisenmoleküle zur negativen Elektrode und geben dort an den Bleischwamm den Sauerstoff ab, sie also gleichfalls entladend. Mit dem Entladestrom kehren die Eisenmoleküle wieder zur positiven Elektrode zurück und entziehen ihr abermals den Sauerstoff. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Ladung und Entladung.

Vielfach wird bei Kapazitätsproben der Füllbottich als Wasserwiderstand benutzt, indem man Eisenplatten einhängt und ihn mit angesäuertem Wasser füllt. Nach der Probe wird es verabsäumt, den Bottich von den Metallteilchen, die sich naturgemäß von den Eisenplatten losgelöst haben, zu reinigen. Folglich gelangt dann die Nachfüllflüssigkeit mit Eisen verunreinigt in die Elemente.

Manchmal sind Batterien auch in Räumen mit Oberlicht aufgestellt. Von den eisernen Fensterrahmen, von eisernen Röhren oder Trägern, die die kalte Decke entlang laufen, tropft dann eisenhaltiges Kondenswasser in die darunterstehenden Elemente, wenn die Eisenteile keinen oder nur mangelhaften Anstrich besitzen.

Alle *Stickstoffverbindungen*, wie Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure, bewirken aus dem gleichen Grunde, wie vorher für Eisen angegeben, nutzlose Selbstentladung beider Plattensorten.

30. Fall. Befinden sich in der Schwefelsäure der Elemente Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Salz- oder Essigsäure, so findet eine frühzeitige Zerstörung der *positiven* Platten statt, weil diese Stoffe *stark formierend* auf das Bleigerüst wirken.

Chlor kann durch Tropfwasser, das vom Deckenputz herabfallt, in die Zellen gelangen. Auch Kalkstückchen, die in die Elemente oder in den unbedeckten Nachfullbottich fallen, machen die Saure chlorhaltig.

Um Geld zu sparen, wird manchmal Wasser aus dem Kondenstopfe der Dampfmaschine oder Wasser, das aus ihrem Abdampf hergestellt wird, verwendet Da nun der Maschinendampf chlorhaltiges Kesselwasser mit sich fortreißt, so wirkt ein solches Destillat stets stark formierend auf die positiven Platten

Destilliertes Wasser und Säure werden manchmal von der chemischen Fabrik bereits mit Chlorgehalt geliefert.

Salzsäure oder Lötsäure (Chlorwasserstoffsaure) gelangt unter Umständen durch Unvorsichtigkeit eines Monteurs beim Löten in einzelne Zellen.

In Brauereien, Brennereien, Essigfabriken und chemischen Fabriken ist der Akkumulator ganz besonders durch Alkoholdampfe gefahrdet, falls der Raum, in dem er sich befindet, eine ungeeignete Lage hat. Diese werden vom destillierten Wasser der Saure begierig aufgesogen und gehen bei der nächsten Ladung durch Oxydation in Essigsaure uber.

Werden Leitungen mit alkoholhaltigem Lack gestrichen, ohne daß die Elemente zugedeckt sind, so kann er in diese abtropfen, und es entsteht in der Flussigkeit gleichfalls Essigsäure

Manchmal werden auch Apparate zur Herstellung des destillierten Wassers benutzt, die für gewohnlich zur Destillation von Alkohol dienen Wird mit solchem Wasser der Akkumulator nachgefullt, so enthalt die Schwefelsäure ebenfalls Essigsaure.

In chemischen Fabriken konnen unter Umstanden Dampfe von Salpetersaure, Salzsaure oder Ammoniak, in Bleichereien Chlordämpfe die Akkumulatorensaure verunreinigen, von Pferdestallen und Aborten können ammoniakhaltige Gase in nicht richtig angelegte Akkumulatorenraume gelangen und dort schadlich wirken.

Aus allem, was in Abschnitt 9 uber Saureverunreinigung gesagt ist, geht deutlich hervor, daß man sie sorgfaltig meiden muß, da Selbstentladung der Platten und da-

mit Verschlechterung des Wirkungsgrades die unausbleiblichen Folgen sind.

31. Fall. **Starterbatterien** werden häufig gar nicht gewartet und geben dann bei weitem nicht die geforderte Leistung. Es werden dann sogenannte „Aufbesserungsstoffe“ zugesetzt. Eine merkliche Leistungszunahme wird nicht erreicht, wohl aber eine Verunreinigung der chemisch reinen Säure durch Ammonium- resp. Magnesiumsulfat. Während dieses die Negativen zerstört, verringert jenes die Lebensdauer der Positiven. Diese Regenerierungsmittel enthalten öfters auch konzentrierte Schwefelsäure, wodurch zwar die Zellenspannung steigt, aber ein vorzeitiges Zerfressen der Platten unausbleiblich ist.

B. Entstehung einer nur scheinbaren Krankheit des Akkumulators

1. infolge falschgehender Meßinstrumente.

32. Fall. In einer Blockstation mußten bei Entnahme des dreistündigen Stromes gleich zu Anfang von 60 Zellen 59 eingeschaltet werden, und bereits nach ungefähr einer Stunde stand der Entladeschlitten auf der ersten Zelle, so daß es den Anschein hatte, als besitze die Batterie nur noch den dritten Teil der garantierten Kapazität.

Eine Untersuchung des Akkumulators ergab jedoch das Vorhandensein der zugesicherten Leistung.

Es stellte sich schließlich heraus, daß das Stationsvoltmeter, nach welchem man ständig 112 Volt Sammelschienenspannung hielt, 5 Volt zu wenig anzeigte. Die tatsächliche Spannung des Akkumulators betrug, direkt an den Polen gemessen, im Mittel 117 Volt! Da nun in obigem Betriebe jedesmal eine neue Zelle zugeschaltet wurde, nachdem die Spannung auf 116 Volt gefallen war, so hätten statt 60 Zellen wenigstens $\frac{116}{1,83} = 63$ Zellen installiert werden müssen, um 100% Kapazität entnehmen zu können. Dies zeigt auch die graphische Darstellung Abb. 33, die außerdem den Beweis liefert, daß 60 Zellen bei 117 Volt mittlerer Spannung nur

etwas über eine Stunde entladen werden können (Kurvenzug 1, 2, 3, 4).

33. Fall. Sehr häufig wird in elektrischen Anlagen der Entladezustand der Batterie nach Zählern beobachtet. Es kann dann vorkommen, daß der Entladehebel bereits auf dem letzten Kontakt steht, obwohl nach den Angaben des Zählers noch längst nicht die garantierte Amperestundenzahl entnommen ist.

Zeigt der Zähler z. B. 10% zu wenig, so wird das Bedienungspersonal zu dem Glauben kommen, der Akkumulator

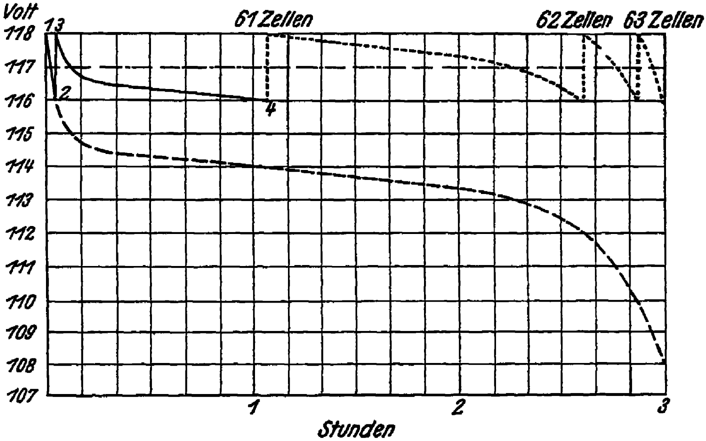


Abb 33

habe 10% seiner Kapazität infolge Erkrankung verloren, während tatsächlich die Batterie vollkommen in Ordnung ist.

2. infolge zu großer Spannungsverluste.

34. Fall. In kleinen Privatanlagen (Blockstationen usw.) sind häufig die Zellenschalterleitungen sehr lang, man hat aus Sparsamkeit ihren Querschnitt so klein als nur irgend zulässig bemessen, so daß ihr Widerstand verhältnismäßig hoch ist; Schleifkontakte und Bürsten des Zellenschalters werden nicht nachgesehen, so daß sich zwischen ihnen ein hoher Übergangswiderstand im Laufe der Zeit ausbildet.

Dann tritt von Batterie bis Sammelschienen ein unzulässig großer Spannungsverlust auf, der, wie Verf. in einigen Anlagen feststellte, 5 Volt erreichen kann. Zeigt nun das rich-

tig gehende Stationsvoltmeter die Sammelschienenspannung zu 110 Volt an, so liefert der Akkumulator bei 5 Volt Spannungsverlust bis zu den Sammelschienen im Mittel 115 Volt, und es treten ähnliche Verhältnisse wie bei Fall 32 auf.

Man wird dann trotz völlig intakter Batterie bei Entnahme des dreistundigen Stromes nur ca. 2½ Stunden entladen können, wenn die Sammelschienenspannung 110 Volt nicht unterschreiten darf.

35. Fall. Aber nicht nur die Verbindungsleitungen von Batterie nach Sammelschienen müssen richtig dimensioniert sein, sondern auch die von Sammelschienen nach Konsumstelle

Auf einem Holzplatze befand sich eine elektrische Zentrale mit einer Akkumulatorenbatterie, die nach 5 Uhr abends das am andern Ende des weit ausgedehnten Grundstuckes befindliche Verwaltungsgebaude, in dem bis 8 Uhr gearbeitet wurde, allein mit Licht versorgte Eine Regulierung der Batteriespannung fand nach 5 Uhr abends nicht mehr statt, die Maschinisten schalteten einfach nach Einstellung des Maschinenbetriebes sämtliche Zellen der Batterie ein und verließen die Anlage. Nun herrschte in der Zentrale eine Spannung von ca. 122 Volt, und die 110-Volt-Lampen im Verwaltungsgebäude brannten mit ca 114 bis 115 Volt. Es wurden allmahlich immer mehr Lampen zugeschaltet Infolge des unzulassig großen Spannungsverlustes in den sehr langen und dunnen Freileitungen aber ging schließlich die Spannung im Verwaltungsgebaude so weit herunter, daß die Lampen nur noch hellrot brannten. Die Folge war, daß einesteils die Lampen ofters ausgewechselt werden mußten, da sie meist mit Überspannung brannten, und andernteils das Personal sich fortgesetzt uber die schlechte Beleuchtung beklagte

Nun sollte nach der Meinung des Besitzers die Batterie nicht die garantierte Kapazitat haben und die Schuld an der Beleuchtungskalamitat tragen Eine genaue Untersuchung des Akkumulators durch Verf. ergab jedoch, daß die übrigens erst 6 Monate alte Batterie die garantierte Kapazitat besaß

36. Fall. Verf wollte einmal an einer neuen Pufferbatterie die einstundige Kapazitatsprobe ausführen. Das Schalttafelvoltmeter, ein Prazisionsinstrument, zeigte aber bereits nach

einer halben Stunde Entladung die tiefstzulässige Spannung an, während die Messung der Säuredichte sowie der Spannung der einzelnen Zellen mit Sicherheit darauf schließen ließ, daß der Akkumulator noch lange nicht entladen sein konnte. Es wurde nun die Gesamtspannung der Batterie mit einem transportablen Prazisionsvoltmeter gemessen, wobei es sich herausstellte, daß das Schalttafelvoltmeter zu wenig anzeigte. Das lag aber nicht etwa an diesem Instrument, sondern an ungenügendem Kontakt im Voltmeterumschalter.

Der betrachtliche Übergangswiderstand verursachte einen so großen Spannungsverlust, daß die Angaben des Spannungszeigers gefälscht wurden. Nach Herstellung guten Kontaktes konnte auch nach Schalttafelvoltmeter eine Stunde entladen werden, ohne daß die Spannung unter die zulassige Grenze sank. Die garantierte Leistung der Batterie war also vorhanden.

3. infolge unpraktischer Schaltung.

37. Fall. An Wecker-, Telephon- oder Telegraphenbatterien, also Batterien sehr kleiner Kapazitat, wird manchmal das Voltmeter dauernd angeschlossen. Es entladt sich dann der Akkumulator mehr oder minder stark auf das Voltmeter

Angenommen, eine Batterie mit einer garantierten zehnstundigen Kapazität von 25 Ah sei dauernd an ein Voltmeter von 0,2 Amp. Maximalstromverbrauch angeschlossen. Sie moge eine Weckeranlage betreiben und liefere weit kleinere Strome als den zehnstundigen Dann ist ihre Kapazitat mindestens 35 Ah, da dieselbe bekanntlich mit sinkendem Strome ansteigt.

Betragt nun der mittlere Stromverbrauch des Voltmeters 0,19 Amp, wenn die Batterie nach Volladung bis zur zulassigen Spannungsgrenze entladen wird, so verbraucht es nutzlos innerhalb 24 Stunden $24 \cdot 0{,}19 = 4{,}56$ Ah $= 13\%$ der Gesamtkapazitat. Das Meßinstrument konnte also die Batterie in reichlich einer Woche vollständig entladen, ohne daß die Weckeranlage mit Strom gespeist wird. Die Akkumulatorenfabrik kommt dann leicht in den Verdacht, eine untaugliche Batterie geliefert zu haben, wahrend der Akkumulator tatsachlich die garantierte Leistung besitzt.

38. Fall. Die Verbindungen der einzelnen Teile einer Dreileiterbatterie, die sich auf einem Doppeletagengestelle befand, waren nicht durch die Akkumulatorenfabrik, sondern durch einen fremden Installateur ausgefuhrt worden

Da nun die erforderlichen Leitungen zur Verbindung der untern mit der obern Batteriehälfte wegen der Wand *M* (Abb. 34) nicht so bequem installiert werden konnten wie am

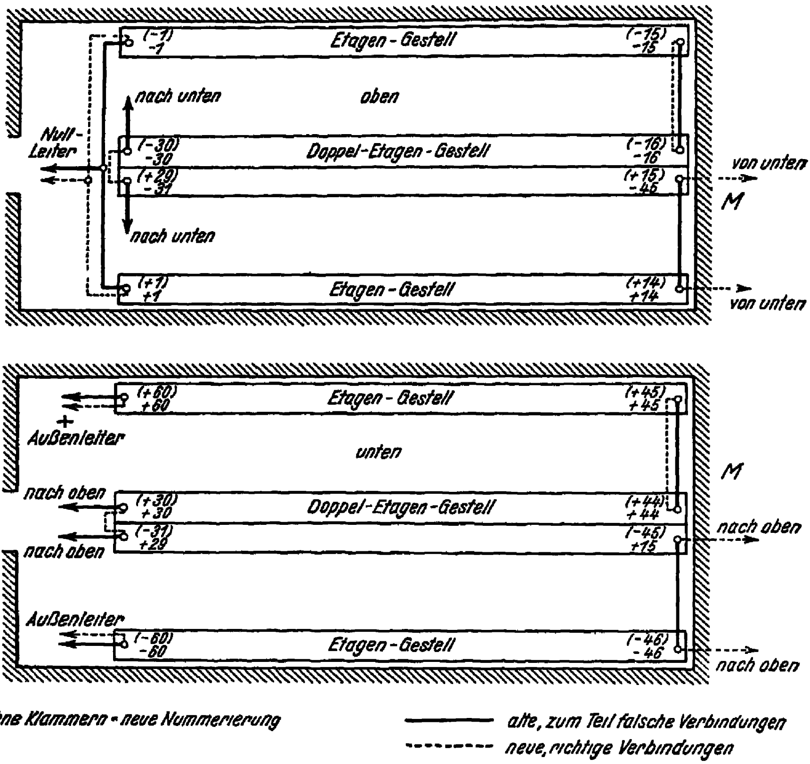


Abb 34

andern Ende der Elementreihen, so wurde die Schaltung nicht nach den Vorschriften der Akkumulatorenfabrik ausgeführt, sondern so wie in Abb 34 durch die stark ausgezogenen Verbindungen angedeutet. Infolge dieser Abanderung lag der Querbalken *c—c* an einer Spannung von (37 + 38) 2,04 = 153 Volt. (Abb. 35) Da er nun infolge verschutteter Flussigkeit, die nicht entfernt wurde, säuredurchtrankt war,

so ging ein so starker Strom durch ihn hindurch, daß bei *k*, wo sich dieser Querbalken mit einem Längsbalken kreuzte, infolge starker Erwärmung allmählich Verkohlung des Holzes eintrat.

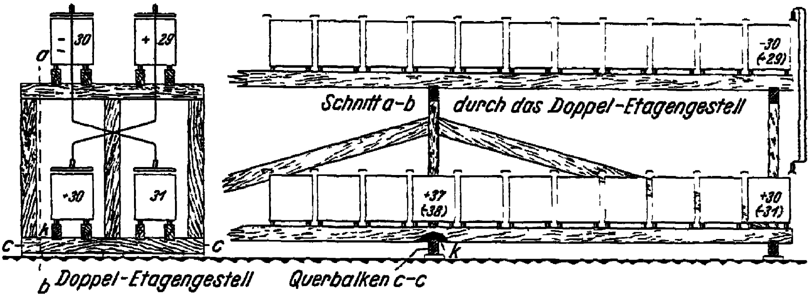


Abb 35

Ein Teil der Kapazität ging für das Netz verloren, es hatte den Anschein, als sei der Akkumulator erkrankt.

NB.! Bei sachgemäßer Schaltung ist eine Verkohlung des Holzes an irgendeiner Stelle, selbst wenn Säure an ihm haftet, ganz ausgeschlossen, da an den einzelnen Balken nur geringe Spannungsdifferenzen auftreten können

4. infolge von Isolationsfehlern.

39. Fall. Steht ein Akkumulator in einem ventilationslosen Raum, so findet der Säuredunst, der sich gegen Schluß der Ladung in großen Mengen entwickelt, keinen Abzug und schlägt sich an Elementgefäßen, Isolatoren, Holzgestellen und Laufbühnen nieder Alles ist feucht, es bildet sich eine sehr große Anzahl stromleitender Bahnen nach Erde, die eine mehr oder minder starke nutzlose Entladung der Batterie hervorrufen

Eine säuredurchtränkte Laufbühne, die in einem feuchten Raume infolge unsachgemäßer Aufstellung feuchte Holzkästen der + und — Seite bei *a* und *b* berührt (Abb 36), kann gleichfalls die Ursache der stillen Entladung einer Batterie sein, wie durch Pfeile und strichpunktierte Linien in der Abbildung angedeutet ist.

Ziegel- oder Kalkstücke, große Mengen Schmutz, die unter dem Holzgestell einer Batterie liegen und es unmittel-

bar berühren, Gruppenverbindungen oder Holzgestelle, die an der Wand des Akkumulatorenraumes anliegen, können unter Umständen die Holzgestellisolation illusorisch machen und stille Entladung nach Erde fördern.

Ein deutlich bemerkbarer Kapazitätsnachlaß wird aus den angeführten Ursachen nur in seltenen Fällen und

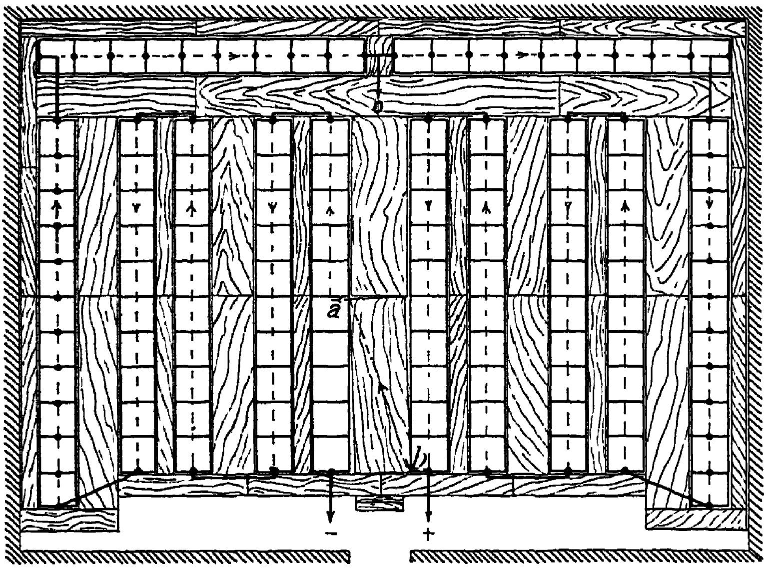


Abb 36

dann besonders bei Batterien geringer Leistung eintreten Der Besitzer wird dann ungerechtfertigterweise eine Erkrankung des aktiven Materials vermuten

5. infolge von Kälte.

40. Fall. Eine vollkommen in Ordnung befindliche Batterie gibt in der Regel auch dann nicht die garantierte Kapazität ab, wenn sie bei einer Säuretemperatur entladen wird, die niedriger als die Normaltemperatur, z B 15 °C ist, weil dann die Säure zu dickflüssig ist und deshalb nicht mehr leicht genug durch die Kanäle der Platten diffundieren kann Von einer Erkrankung der Batterie kann auch in diesem Falle nicht die Rede sein.

II. Kapitel.

Feststellung der Krankheitsursachen

1. durch Prüfung der Betriebsliste.

Die Betriebsliste gibt dem Betriebsleiter, dem Maschinenmeister sowie dem Besitzer der Anlage bei gewissenhafter Ausfüllung Mittel an die Hand, sowohl Krankheiten der Batterie evtl. schon im Entstehen zu entdecken, als auch falsche Bedienung von seiten des Personals abzustellen.

Welche Schlusse sich aus den Aufzeichnungen der Betriebsliste ziehen lassen, soll an einigen Beispielen gezeigt werden:

A. Es mogen laut Liste die Elemente Nr.	21	22	23	24	25
am 12 Juni 1928 kurz vor Beendigung der Ladung die Säuredichten	1,20	1,20	1,205	1,20	1,20
am 13 Juni 1928 kurz vor Beginn der Ladung die Sauredichten	1,18	—	1,185	1,18	1,18

zeigen

Dann ist Zelle Nr. 22 nicht in Ordnung; die Säuredichte konnte nicht abgelesen werden, da der Sauremesser vollstandig in die Flussigkeit untertauchte. Die Zelle steht wahrscheinlich unter Kurzschluß.

B. Laut Liste betrage die Sauredichte der Zellen . . . . Nr	40	41	42	43
am 17 April 1928 gegen Schluß der Ladung	1,20	1,20	**1,30**	1,205

Da die normale Sauredichte 1,20 betragt, so ist Element Nr 42 nicht in Ordnung Wahrscheinlich hat genannte Zelle einige Zeit vorher unter Kurzschluß gestanden, nach dessen Beseitigung naturlich die Sauredichte sehr niedrig war Man hat die fruhere Sauredichte wiederherstellen wollen und einfach fortgesetzt Säure nachgefullt Die Liste ergibt also, daß das Bedienungspersonal einen Fehler begangen hat; denn es hat unter allen Umstanden zu viel Säure nachgefullt

C. Nach Liste haben die Stammzellen . . . . Nr	40	41	42	43	44
am 10 Juni 1928 vor Beginn der Ladung eine Säuredichte . .	1,17	1,171	1,17	1,17	1,171
am 10. Juni 1928 am Schlusse der Ladung eine Säuredichte	1,20	1,201	1,20	1,20	1,201
Strichzahl, um die die Säure gestiegen.	30	30	30	30	30
Bemerkungen —					
am 11 Juni 1928 vor Beginn der Ladung eine Sauredichte . .	1,175	1,176	**1,17**	1,175	1,176
am 11 Juni 1928 am Schlusse der Ladung eine Säuredichte	1,20	1,20	**1,19**	1,20	1,201
Strichzahl, um die die Säure gestiegen:	25	24	**20**	25	25
Bemerkungen· Zelle Nr. 42 gaste nicht					
am 12 Juni 1928 vor Beginn der Ladung eine Säuredichte . .	1,171	1,17	**1,16**	1,172	1,170
am 12 Juni 1928 am Schlusse der Ladung eine Sauredichte	1,20	1,20	**1,179**	1,201	1,20
Strichzahl, um die die Säure gestiegen.	29	30	**19**	29	30

Bemerkungen Zelle Nr 42 gaste nicht

Zelle Nr 42 ist nicht in Ordnung, denn ihre Sauredichte ist nur um 19, statt um 30 Strich gestiegen; auch gast sie nicht In diesem Element sind „N e b e n s c h l u s s e“ vorhanden, durch die ein Teil des Ladestromes geht, ohne die Platten zu laden Die Ladung der Platten findet also mit einem schwacheren Strome als in den ubrigen Zellen statt; daher das viel geringere Ansteigen der Sauredichte und das Ausbleiben der Gasentwicklung.

D. Die Betriebsliste ergebe fur die Stammzellen . . . . Nr	52	53	54	55
am 30. April 1928 vor Beginn der Ladung eine Sauredichte	1,175	1,175	1,18	**1,05**
am 30 April 1928 am Schlusse der Ladung eine Säuredichte	1,20	1,20	1,204	**1,06**
Strichzahl, um die die Säure gestiegen	25	25	24	**10**

Bemerkungen Zelle Nr 55 gaste f r u h e r als die ubrigen und zeigte gegen Schluß der Ladung eine Spannung von 2,95 Volt

Zelle Nr. 55 ist nicht in Ordnung Das sehr niedrige spezifische Gewicht der Säure von 1,06 läßt darauf schließen, daß das betreffende Element längere Zeit unter Kurzschluß gestanden hat.

Der geringe Anstieg der Säuredichte und die anormal hohe Ladespannung deuten auf Bildung harter, schwerlöslicher Bleisulfatschichten an den Platten als Folge des Kurzschlusses.

E. Es möge laut Betriebsliste die Spannung einer Batterie mit Brettcheneinbau, von der gegen Schluß der Ladung 54 Zellen eingeschaltet sind, 158 Volt betragen.

Dann ist die Ladespannung pro Zelle: $\frac{158}{54} = 2{,}93$ Volt.

Wie bereits in der Einleitung gesagt, beträgt die höchste Ladespannung einer gesunden Batterie mit Brettcheneinbau 2,80 bis 2,85 Volt.

Entweder zeigt das Voltmeter falsch oder die Batterie ist stark sulfatiert, oder sie ist erst vor kurzem installiert worden und hat noch nicht eine genugende Anzahl von Ladungen hinter sich. (In der ersten Zeit, solange noch starke Schaumbildung auf dem Säurespiegel besteht, muß wegen der Positiven länger als normal geladen werden, und es steigt dann die Ladespannung unter Umständen bis auf 3 Volt, ohne daß die Batterie krank ist.)

F. Findet man ferner in der Betriebsliste während vieler aufeinander folgender Tage am Schlusse der Ladung fur 54 eingeschaltete Zellen eine Ladespannung von nur 135 Volt, so ergibt dies pro Zelle $\frac{135}{54} = 2{,}5$ Volt statt 2,80 bis 2,85 Volt, immer wieder Brettcheneinbau vorausgesetzt. Dann kann das Voltmeter falsch zeigen, oder es ist zu wenig geladen worden, oder eine Anzahl Zellen steht unter Kurzschluß.

G. Nach den Eintragungen der Betriebsliste stehe am 20 5 1928 nach Beendigung der Ladung der richtig gehende Entladezähler auf 1234, am 21 5. stehe er kurz vor Beginn der Ladung auf 1318. Es seien samtliche Zellen eingeschaltet, und die Entladespannung der Batterie habe den tiefstzulassigen

Wert von 220 Volt erreicht. Der Zähler zeige Kilowattstunden an, und die garantierte Kapazität des Akkumulators betrage bei fünfstündiger Entladung 500 Ah. Dann sind der Batterie entnommen: 1318 — 1234 = 84 kWh. Dies sind $\frac{84000}{220} = 382$ Ah. Da nun aber der Entladezähler bereits auf der letzten Zelle steht, so fehlen 500 — 382 = 118 Ah oder 23,6% der garantierten Kapazität.

Hieraus kann man auf starke Sulfatation der Platten oder auf Schrumpfen der Negativen oder auf starken Verschleiß der Positiven oder auf Verunreinigung der Säure oder auf Kurzschluß einer Reihe von Zellen oder auf Entnahme eines Stromes schließen, der wesentlich höher als der fünfstündige ist

H. Eine Batterie besitze Lade- und Entladezähler. Während der Ladung gehe durch den Entladehebel Strom ins Netz. Die Zählerstände seien laut Betriebsliste:

	Entladezähler
kurz nach Beendigung der Ladung am 10. 5. 1928	9242
kurz vor Beginn der Ladung am 11 5 1928	9279
Entlad :	37 kWh

	Ladezähler	Entladezähler
kurz vor Beginn der Ladung am 11. 5. 1928	1260	9279
kurz vor Beendigung der Ladung am 11. 5. 1928. . . .	1320	9282
	Lad.: 60 kWh	Entl. 3 kWh

Demnach ist die tatsächliche Ladung der Batterie 60 — 3 = 57 kWh gewesen, und der Wirkungsgrad des Akkumulators ist $\frac{100 \cdot 37}{57} = 65\,\%$. Da aber derselbe, wenn kein höherer als der dreistündige Strom entnommen wird, mindestens 75% betragen muß, so ist entweder unnötigerweise zu viel geladen worden, oder die Zähler zeigen falsch, oder die Säure ist durch Nachkochmetalle verunreinigt, oder die Batterie ist sulfatiert.

2. durch Eichung der Meßinstrumente.

Wie soeben gezeigt, gibt die Betriebsliste nicht immer eindeutigen Aufschluß darüber, ob eine Batterie wirklich krank ist oder was ihr eigentlich fehlt. (S Prüfung der Betriebsliste, Abschnitte F, G, H.)

Will man sich hierüber informieren, so führen Messungen oder manchmal auch eine genaue Besichtigung des Akkumulators zum Ziele.

Zunächst aber empfiehlt es sich, die zur Batterie gehörigen Volt- und Amperemeter sowie etwa vorhandene Zähler zu eichen.

Wie ein Volt- und Amperemeter mit Hilfe eines Präzisionsinstruments zu eichen ist, soll hier nicht beschrieben werden, da dies heute jeder Maschinist weiß.

Dagegen soll die Eichung von Motorzählern, die fast ausschließlich in den Anlagen anzutreffen sind, genau beschrieben werden, da eine sehr schnell und mit den einfachsten Hilfsmitteln zum Ziele führende und dabei genügend genaue Methode den Maschinenmeistern meist nicht bekannt ist, so daß dieselben lieber ganz auf die für das Wohlergehen der Batterie hochwertige Zählereichung verzichten.

Eine Motorzählereichung kann innerhalb weniger Minuten mit Hilfe einer Taschenuhr vorgenommen werden.

Zu diesem Zwecke eicht man zunächst die eigene Taschenuhr, indem man sie ans Ohr hält und ihre Schläge zählt, während man den Sekundenzeiger einer anderen Taschenuhr so lange beobachtet, bis er einen Kreislauf zurückgelegt hat, also genau 1 Minute. Haben sich hierbei 150 Doppelschläge ergeben, wie dies fast immer der Fall ist, so bedeutet **ein Doppelschlag** $\frac{60}{150}$ **= 0,4 Sekunden.**

Man ist jetzt imstande, mittels Zählung der Uhrschläge eine äußerst genaue Zeitmessung auszuführen.

Während der Zählereichung selbst drückt man die geeichte Taschenuhr ans linke Ohr, zählt ihre Schläge, beobachtet gleichzeitig die Umdrehungen der Zählerscheibe und hebt beim jedesmaligen Vorübergehen der Marke einen Finger der rechten Hand

Das erstmalige Vorubergehen der Marke ist nicht zu zählen, wohl aber von da ab die Schlage der Taschenuhr; am Ende der Messung dagegen ist bei Erscheinen der Marke die Zahlung der Taschenuhrschläge sofort abzubrechen, wahrend das letztmalige Vorubergehen der Marke doch noch gezählt werden muß. Hat man also funf Finger gehoben, so hat die Scheibe ebensoviel Umdrehungen vollendet. (Das richtige Zählen der Taschenuhrschlage in Verbindung mit dem Fingerheben erfordert jedoch einige Übung!) — Während der Beobachtung des Zahlers laßt man Strom und Spannung an der Schalttafel einige Minuten lang konstant halten und aufschreiben Volt- und Amperemeter mussen natürlich richtig zeigen

Bei sehr starkem Maschinengeräusch laßt sich allerdings die Taschenuhr nicht mehr verwenden, und es muß dann eine Sekundenuhr (ein Handchronograph) beschafft werden Bei Beginn einer neuen Umdrehung druckt man den Knopf der auf o gestellten arretierbaren Sekundenuhr, wodurch dieselbe anlauft, zählt dann eine beliebige Anzahl Umdrehungen am Zähler und druckt zum 2 Male auf den Knopf. Sofort bleibt die Uhr stehen und gibt genau die Zeit fur die Umdrehungen an. Es muß dann bei richtig gehendem Zahler

die vom Zähler angezeigte Belastung gleich der von Volt- und Amperemeter angegebenen

sein

Man bezeichnet nun die in Watt- oder Amperestunden ausgedruckte Energiemenge, die eine Umdrehung des Zahlers hervorbringt, als Umdrehungskonstante

Demnach ist

a) fur **Wattstundenzähler:**

$$\text{Touren} \cdot \text{Umdrehungskonstante} = \frac{\text{Volt} \cdot \text{Ampere} \cdot \text{Sekunden}}{3600}$$

oder:

$$\frac{\textbf{Touren} \cdot \textbf{Umdrehungskonstante} \cdot \textbf{3600}}{\textbf{Volt} \cdot \textbf{Ampere} \cdot \textbf{Sekunden}} = \mathbf{1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \mathbf{A.}$$

b) fur **Amperestundenzähler:**

$$\text{Touren} \cdot \text{Umdrehungskonstante} = \frac{\text{Ampere} \cdot \text{Sekunden}}{3600}$$

oder:

$$\frac{\textbf{Touren} \cdot \textbf{Umdrehungskonstante} \cdot \textbf{3600}}{\textbf{Ampere} \cdot \textbf{Sekunden}} = 1 \ldots\ldots\ \textbf{B.}$$

Geht der Zähler falsch, so ergibt sich ein Wert größer oder kleiner als 1

Auf der Kappe der einzelnen Zählertypen findet man angegeben:

a) Wattstunden pro 1 Umdr.,
b) Umdrehungen pro 1 Wh oder pro 1 kWh oder pro 1 Ah,
c) Umdrehungen pro 1000 Wmin,
d) Umdrehungen pro Minute bei maximaler Belastung.

Um nun vorstehende Gleichungen A und B für alle soeben genannten Fälle benutzen zu können, muß man die auf der Kappe des Zählers aufgeschriebene Konstante immer auf die Energiemenge in Wattstunden oder Amperestunden, die einer Umdrehung entspricht, umrechnen.

Ist z B angegeben:

$$1 \text{ Ah} = 2{,}4 \text{ Umdr},$$

so entspricht 1 Umdr. $\frac{10}{24}$ Ah.

1 Beispiel:

Auf einem Zähler für max. 10 Amp stehe:

$$1 \text{ Amperestunde} = 333 \text{ Umdr.}$$

Dann ist eine Umdrehung $= \frac{1}{333}$ Ah. Es seien 30 Doppelschläge der Taschenuhr gezählt und nacheinander während des Zählers alle fünf Finger der rechten Hand gehoben worden Das bedeutet fünf Umdrehungen der Scheibe während $30 \cdot \frac{4}{10} = 12$ Sek. Der Strom habe 4,2 Amp. betragen. Dann ist nach Gleichung B

$$\frac{5 \cdot 3600}{4{,}2 \cdot 12 \cdot 333} = 1{,}071.$$

Der Zähler zeigt demnach 7,1% zu viel an. Liest man also nach einer Batterieentladung mit ca. 4,2 Amp 30 Ah ab, so sind dies tatsächlich

$$\frac{30}{1{,}071} = 28 \text{ Ah}$$

2. Beispiel:

Auf Zählern System Siemens-Schuckert findet man als Umdrehungskonstante die maximale Tourenzahl angegeben, die dieselben bei voller Belastung ausführen sollen. Trägt z. B. ein Wattstundenzähler für 5 Amp und 110 Volt die Aufschrift: 550 · 51,3, so heißt das der Zähler macht bei einer Vollbelastung von 550 Watt 51,3 Umdrehungen pro Minute.

Bei der Prüfung seien nun bei einer Belastung von 450 Watt 20 Doppelschläge gezählt und fünf Finger gehoben worden. Das bedeutet fünf Umdrehungen in $20 \cdot \frac{4}{10} = 8$ Sek Dann führt der Zähler pro Minute $\frac{5}{8} \cdot 60 = 37{,}5$ Touren aus, während er $\frac{51{,}3 \cdot 450}{550} = 41{,}9$ Touren machen sollte

Der Zähler zeigt also um $\frac{41{,}9 - 37{,}5}{41{,}9} \cdot 100 = 10{,}5\,\%$ zu wenig an.

Es genügen bei diesem Eichverfahren 5 bis 10 Umdrehungen der Scheibe, um ein brauchbares Resultat zu erhalten.

Bei Vorhandensein eines Handchronographen empfiehlt es sich, wenigstens 100 Sekunden lang die Umdrehungen des Zählers zu beobachten, da dann eine noch größere Genauigkeit des Resultats zu erwarten ist, außerdem verursacht diese längere Dauer der Eichung nicht die mindesten Schwierigkeiten.

Die Zählereichung ist bei Wattstundenzählern mit den Strömen und Spannungen, bei Amperestundenzählern nur mit den Strömen vorzunehmen, die bei Entladung oder Ladung einer Batterie in Frage kommen

Es ist also unter Umständen bei Entladezählern eine Eichung bei 2 oder 3 Stromstärken, bei Wattstunden-Ladezählern eine solche bei mehreren Spannungen mit dem zugehörigen Ladestrom erforderlich, da ja gegen Ende der Ladung die Spannung beträchtlich steigt.

3. durch Wasserstoffgas-Messung.

Hat die Eichung der Meßinstrumente ergeben, daß sie richtig zeigen, so empfiehlt es sich, die Batterie zunächst einmal im Ruhezustande daraufhin zu beobachten, ob

etwa bei allen oder wenigstens bei einigen Zellen am Säurespiegel dauernd Gasblasen aufsteigen, so daß es den Anschein hat, als werde der Akkumulator geladen Ist dies der Fall, so ist die Säure durch Nachkochmetalle verunreinigt (siehe Fall 28). Es tritt dann im Innern der fraglichen Elemente eine nutzlose Selbstentladung auf; man kann nicht mehr die garantierte Kapazität entnehmen.

Fängt man nun das aufsteigende Gas durch die Vorrichtung Abb. 37 auf, so kann man feststellen, wieviel Kubikzentimeter Wasserstoffgas in solch einer kranken Zelle in einer gewissen Zeit von den Negativen entwickelt werden. Man ist dann imstande, die in einer bestimmten Anzahl Stunden verlorengehenden Amperestunden mit Hilfe nachstehender Tabelle[1]) zu berechnen, wenn man annimmt, daß die Temperatur des aufgefangenen Gases 20 ° C beträgt

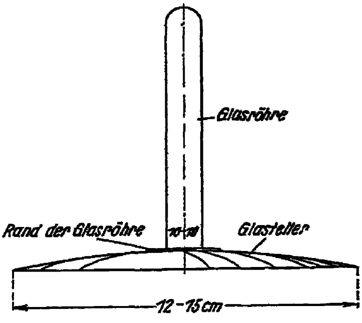


Abb 37

1 Ah entwickelt Kubikzentimeter Wasserstoffgas	
bei einem Barometerstand von	und 20° C Gastemperatur
700 mm	487
710 ,,	480
720 ,,	473
730 ,,	467
740 ,,	461
750 ,,	455
760 ,,	450
770 ,,	442

[1]) Obige Zahlenwerte erhalt man wie folgt

Es entwickelt 1 Ah 0,03739 g Wasserstoffgas. Sein spez. Gewicht ist 0,0000896 Demnach erzeugt 1 Ah $\frac{0{,}03739}{0{,}0000896} = 417$ cm³ Wasserstoffgas, und zwar bei einem Barometerstande von 760 mm und 0 ° C Gastemperatur Bei t ° C Gastemperatur und b mm Barometerstand ergibt sich dann nach dem kombinierten Mariotte-Gay-Lussacschen Ge-

Da nun die Gastemperatur nicht genau bekannt, die Wasserstoffgasentwicklung nicht an allen Stellen der zu untersuchenden Zelle dieselbe und auch nicht in allen kranken Zellen die gleiche ist, da sie ferner im Laufe der Zeit an Starke abnimmt, so ist naturlich keine hohe Genauigkeit der Messung zu erwarten. Man kann deshalb auch z B statt 735 mm Barometerstand 730 oder 740 mm setzen und hierfur aus vorstehender Tabelle die Kubikzentimeter Wasserstoffgas entnehmen; das Resultat ist fur die Praxis trotzdem genau genug.

Zur Messung des aufsteigenden Wasserstoffgases benutzt man am besten eine oben geschlossene Glasröhre mit breitem Rand an der Öffnung und einem Inhalte von ca. 10 cm³, die man auf einen Glasteller von 12 bis 15 cm Durchmesser aufsetzt, der in der Mitte ein Loch vom innern Durchmesser der Rohre besitzt (Abb. 37)

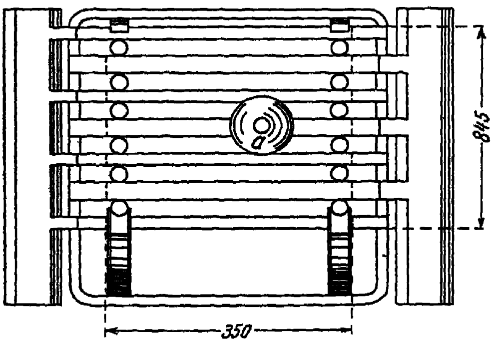


Abb 38

Den Teller *a* setzt man ungefahr in die Mitte des zu untersuchenden Elements (Abb. 38), fullt die Rohre gleich in der Zelle mit Saure und stellt sie auf das Loch des Tellers, ohne aber vorher mit dem offenen Ende der Rohre aus der Säure herauszukommen, da sonst die Flüssigkeit ausläuft — Das aufsteigende Gas verdrängt nun die Säure in der Röhre, und es laßt sich ablesen, wieviel Kubikzentimeter Wasserstoffgas aufgefangen wurden Zu Beginn der Messung liest man die Zeit ab, ebenfalls auch d a n n , sobald die Röhre

setze das Wasserstoffvolumen in Kubikzentimetern fur 1 Ah aus der Gleichung

$$417 \quad V_x = \frac{273}{760} \quad \frac{273 + t}{b}$$

$$V_x = 1160 \frac{273 + t}{b}$$

gerade 10 cm³ Gas enthält. Da nun sowohl die Fläche des Glastellers bekannt ist, als auch die Gesamtfläche, aus der das aufsteigende Gas austritt, so kann man sofort berechnen, wieviel Kubikzentimeter Gas alle Negativen abgeben.

Beispiel: Die Gesamtaustrittsfläche eines Elements von 2268 Ah dreistündiger Kapazität betrage $350 \cdot 845$ mm² (Abb. 38); der Glasteller der Meßvorrichtung habe 12 cm Durchmesser; der Barometerstand sei 757 mm.

Fünf Stunden nach Beendigung der Ladung messe man 10 cm³ Gas während einer Minute. (Während man das Gas auffängt, darf die Batterie weder geladen noch entladen werden!) Die Messung werde sofort mehrmals wiederholt und ergebe stets das gleiche Resultat. — 5 Stunden später werden wieder 10 cm³ Gas abgemessen, und es mögen sich 2 Min. Zeitdauer ergeben, nach weiteren 5 Stunden 3 Minuten, nach abermals 5 Stunden 4 Minuten und schließlich nach wieder 5 Stunden kurz vor Beginn der Ladung 5 Minuten Demnach sind 10 cm³ Gas im Mittel in $\frac{1+2+3+4+5}{5} = 3$ Minuten entwickelt worden

Die gesamte Gasaustrittsfläche ist $35 \cdot 84{,}5 = 2960$ cm²; die Fläche des Glastellers beträgt 113 cm² Demnach entwickeln sämtliche Negativen der betreffenden Zelle $\frac{2960 \cdot 10}{113} = 262$ cm³ Gas in 3 Minuten oder in einer 87 cm³

Es werden daher von Ladung zu Ladung bei einer Zwischenpause von $5 \cdot 5 = 25$ Stunden $25 \cdot 60 \cdot 87 = 130000$ cm³ Wasserstoffgas von den Negativen erzeugt, und es gehen also durch Selbstentladung derselben $\frac{130000}{450} = 290$ Ah oder $\frac{290}{2268} \cdot 100 = 12{,}8\%$ der garantierten Kapazität verloren

Es wird natürlich um so mehr verlorengehen, je größer die Pausen zwischen den einzelnen Ladungen sind

Treten deshalb Nachkocherscheinungen bei Batterien auf, die nur sehr wenig entladen und infolgedessen auch erst nach 8 oder 14 Tagen wieder geladen werden (Telephon- und Telegraphenbatterien), so spielt natürlich schon ein Verlust

in Amperestunden von **wenigen** Prozenten eine erhebliche Rolle. Ist z. B. innerhalb 24 Stunden ein Verlust von 3% gemessen worden und findet Ladung nach 10 · 24 Stunden statt, so wird der Akkumulator um 10 · 3 = 30% nutzlos entladen, und nur 70% der garantierten Kapazität können nutzbar entnommen werden. Es müssen dann die Nachkochmetalle unter allen Umständen beseitigt werden.

Wird dagegen eine Batterie beinahe alle Tage geladen, und es tritt in 24 Stunden 1 bis 2% Verlust auf, so ist dies praktisch ohne Belang. Man nehme an dieser Batterie nichts vor.

4. durch Schlamm-Messung, Besichtigung des Schlammes und der Bleimäntel.

Hat es sich herausgestellt, daß an der zu untersuchenden Batterie keine oder nur unwesentliche Nachkocherscheinungen auftreten, laut Betriebsliste aber Wirkungsgrad oder Kapazität der Batterie viel zu gering sind, so ladt man den Akkumulator am besten bis zur vollen Gasentwicklung an **beiden** Plattensorten (milchiges Aussehen der Säure!), schaltet dann den Ladestrom aus und entnimmt dem Akkumulator **keine** Energie. Wenn nach ca. 10 bis 15 Minuten jede Gasentwicklung aufgehört hat, fährt man wieder auf Ladung. Dann erkennt man nach ca. 2 Minuten ohne weiteres die Zellen, welche entweder überhaupt kein Gas entwickeln oder gegenüber den gesunden nur geringe Gasentwicklung zeigen. Die Nummern dieser verdächtigen Elemente werden notiert, worauf man den Ladestrom wieder abstellt. Jetzt sind diese Zellen genau daraufhin zu untersuchen,

1. ob ihre Platten im Schlamm stehen,
2. ob eine die Platten kurzschließende Verbindung vorhanden ist.

Sind die Platten in Glasgefäße eingebaut, so braucht man, wie Abb. 39 zeigt, nur die Ableuchtlampe zwischen die Glasgefäße einzuführen, man sieht dann ohne weiteres, ob der Schlamm die Platten berührt.

Schwieriger ist es, die Schlammhöhe in solchen Elementen zu bestimmen, deren Platten in Holzkasten eingebaut sind. Die Untersuchung geschieht hier zweckmäßig mittels Holz-

winkels (Abb. 40). Diesen stellt man sich aus einem runden Holzstabe her, der mindestens 25 cm länger sein muß, als die Zellen innen hoch sind, dessen Dicke jedoch etwas geringer als der Plattenabstand zu wählen ist. An diesem befestigt man rechtwinklig einen Holzspan von 10 bis 15 cm Länge und ca 2 cm Höhe.

Man führt diese Vorrichtung zwischen die Platten nach Entfernung eines Brettes und Hochziehen einiger benachbarten Bretter oder nach Beseitigung einiger Glasrohre aus

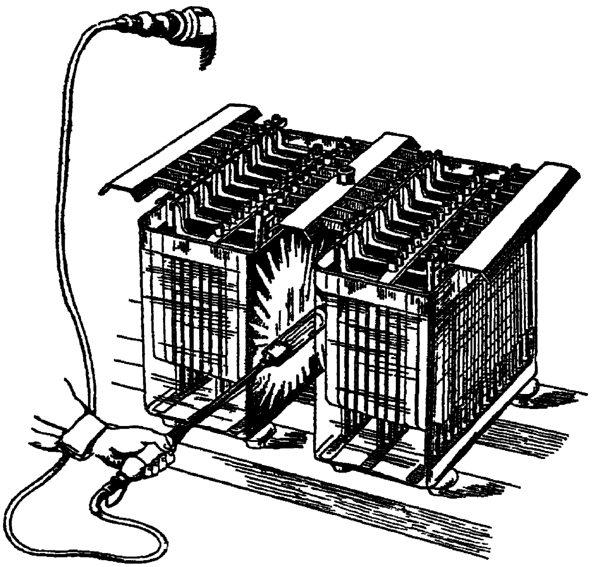


Abb. 39

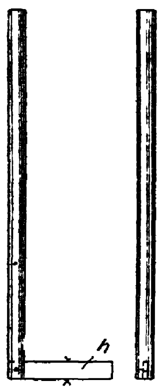


Abb 40

der Mitte des Elements — so tief ein, bis man den Schlamm berührt (Abb 41), und mißt von Plattenoberkante ab das hervorstehende Stück Stab mittels Zollstocks Darauf hebt man den Holzwinkel und dreht ihn gleichzeitig um 90°, so daß er an die Plattenunterkante anstoßen muß (Abb 42) Hierauf mißt man abermals das vorstehende Stabende Man habe zuerst 29 und dann 30 cm gemessen und *h* (s. Abb 40) betrage 1 cm, dann ist der Abstand des Schlammes von Plattenunterkante $30 - 29 + 1 = 2$ cm In diesem Falle berührt der Schlamm noch nicht die Platten.

Kann man jedoch den Winkel überhaupt nicht mehr drehen, weil nicht mehr genügend Platz zwischen Plattenunterkante und Schlamm ist, so stehen die g e w a c h s e n e n

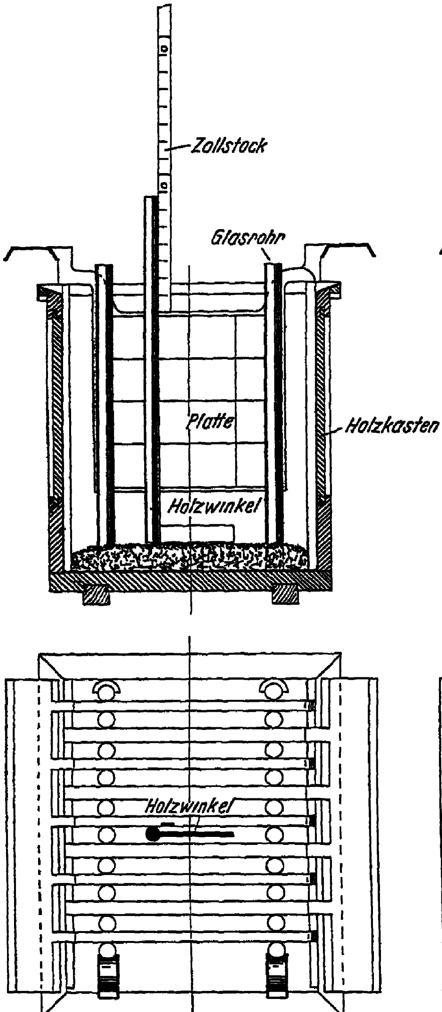


Abb 41

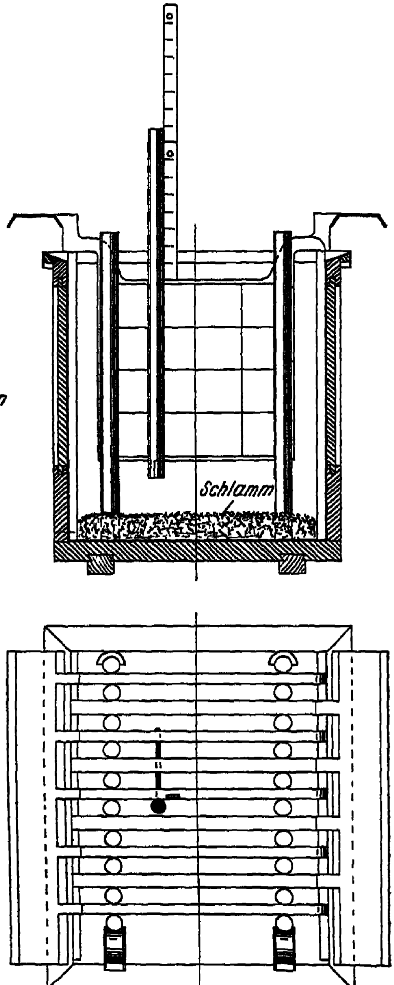


Abb 42

p o s i t i v e n Platten im Schlamm oder berühren ihn doch wenigstens beinahe Sehr selten ist dies auch bei den negativen Elektroden der Fall, obwohl sie ihre Dimensionen nicht im geringsten ändern

Will man feststellen, ob eine Positive tatsächlich im Schlamm steht, so braucht man nur ein Voltmeter für max. 3 Volt an die betreffende + Platte und den Bleimantel der Zelle anzulegen. Zeigt es nahezu 0 Volt an, so steht die Platte im Schlamm, oder sie hat irgendwie Verbindung mit demselben[1]).

Der meiste Schlamm befindet sich in den Zuschaltzellen zwischen Lade- und Entladehebel, falls bei Ladung durch den Entladeschlitten Strom ins Netz gesendet wird (s. Fall 12).

Weniger Schlamm, aber in sämtlichen Zellen nahezu in gleicher Menge, lagert sich in den Stammzellen ab. Die Höhe des hier befindlichen Schlammes in Verbindung mit der Zeit, in der er sich gebildet hat, laßt einen sicheren Rückschluß auf die Beanspruchung der Batterie zu.

Ganz unerhebliche Ablagerung von Masseteilchen der Positiven findet infolge geringer Entladung in den ersten Schaltzellen statt

Gelangt man bei einer Schlamm-Messung in einer ungenugend gasenden Stammzelle mit dem Holzwinkel nicht unter die Platten, so ist es unbedingt erforderlich, auch einen Teil der gut gasenden Stammelemente auf Hohe des Schlammes zu untersuchen, da es doch wahrscheinlich ist, daß in der Stammbatterie der Schlamm sich schon in großer Nähe der Platten befindet Stellt es sich hierbei aber heraus, daß dies nicht der Fall ist, so muß man Fremdkorper (hochkantstehende Plattenstucke usw) in der kranken Zelle vermuten, welche die Verbindung mit dem Schlamm herstellen

Die Besichtigung des Schlammes sowie der mit ihm in Verbindung stehenden Bleimantel gibt manchen wertvollen Aufschluß uber Wartung und Beanspruchung des Akkumulators

a) **Der Schlamm ist braun und lose;** er hat sich in großen Mengen in kurzer Zeit gebildet

---

[1]) Stehen die Platten nicht im Schlamm, so mißt man in der Regel.

— Platte	. . . .	Bleimantel	0,73 Volt
+ „	. .	„	1,35 „
		Sa = Ruhespannung.	2,08 Volt

Ursache. Entweder ist fortgesetzt viel zu lange bei starker Gasentwicklung geladen worden (starke Bleischwamm-Ablagerung auf dem Rucken der Negativen[1]), oder es hat dauernd sehr starke Beanspruchung der Batterie stattgefunden.

b) **Der Schlamm hat graue Farbe und ist fest.**

Ursache. Die Negativen haben seit langerer Zeit durch einen herabgefallenen Bleibugel Verbindung mit dem Schlamm oder mit dem Bleiausschlag des Holzkastens, oder Fahnen einzelner Negativen beruhren ihn, so daß der Schlamm bei Ladung negativ formiert wird. Dann nimmt er einen wesentlich großeren Raum ein als der in den Zellen, die sich in Ordnung befinden. Nachlassige Wartung

c) **Brauner Bleimantel.**

Ursache· Ist positiv formiert infolge Verbindung der Positiven mit dem Bleiausschlag des Kastens Nachlassige Wartung.

5. durch Untersuchung einzelner Zellen auf Kurzschluß.

Handelt es sich um einzelne Glaszellen, bei denen man durch äußere Besichtigung einwandfrei festgestellt hat, daß *beide* Plattensorten im Schlamme stehen, so ist eine weitere Untersuchung auf Kurzschluß unnotig.

In jedem andern Falle aber muß sie in Verbindung mit der Schlamm-Messung *sofort* bei den Zellen ausgeführt werden, die am Schlusse der Ladung *gar nicht* oder *nur mangelhaft* gasen, bzw. eine *niedrigere Ladespannung* zeigen als die gesunden.

Jedes Werk ist zu dieser Untersuchung *verpflichtet*, solange die Batterie unter Garantie oder Versicherung steht.

Aber auch in dem Falle, daß samtliche Reparaturkosten zu Lasten des Batteriebesitzers gehen, kann das *sofortige* Aufsuchen der Kurzschlußstellen nicht dringend genug empfohlen werden, da andernfalls uber kurz oder lang bedeutende Unkosten durch Neuanschaffung verdorbener Zellen entstehen

Da nun in den meisten Fallen vom Bedienungspersonal die Untersuchung eines Elements auf Kurzschluß ganz planlos vorgenommen wird (meist wird nur mit einem ganz unge-

eigneten Holzstab in der Zelle herumgestochert), so soll in folgendem eine bewährte Methode erlautert werden

Bei Einbau der Platten mit Holz- oder Hartgummi-Scheidewanden in Holzkasten ist, dies sei voraus bemerkt, eine Kontrolle des Zelleninnern auf Kurzschluß mittels einer elektrischen Lampe ganz ausgeschlossen, bei Glasrohreinbau auch nach Einfuhrung einer Untersäurelampe außerordentlich mühevoll und zeitraubend, trotz deren hoher Leuchtkraft, ja bei hochstehendem Schlamm und vielen Plattenpaaren überhaupt nicht durchfuhrbar.

Deswegen ermittelt man gleich von vornherein in jedem Falle Kurzschlußstellen am besten mit Hilfe eines Kompasses, der eine kurze gedämpfte Nadel besitzt[1]), und zwar bei **Ladung** der Batterie (Dieses Verfahren wurde zuerst von Oberingenieur Dr Beckmann, Berlin, angegeben,)

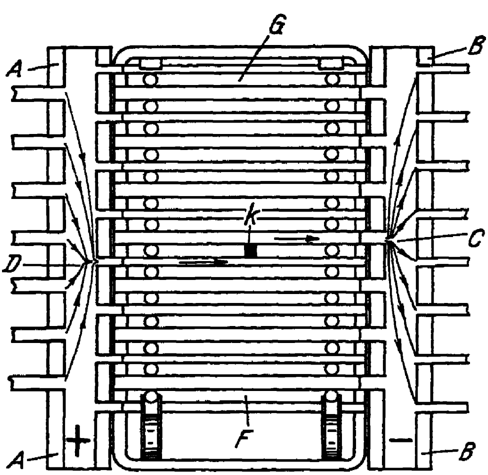


Abb 43

Aus Abb. 43 erkennt man den Verlauf der einzelnen Ladeströme in einem kurzgeschlossenen Element; sie vereinigen sich an den Platten *C* und *D*, zwischen denen die Kurzschlußstelle *k* liegt Dort findet gleichzeitig eine Richtungsanderung dieser Ströme statt und demnach auch eine solche im Kraftlinienfelde, das sie erzeugen

Schiebt man nun einen Kompaß die Bleileiste *A D A* oder *B C B* (Abb. 43) entlang, so wird die Magnetnadel nicht nur durch die Richtkraft des Erdmagnetismus, sondern auch durch das Kraftlinienfeld der Ladestrome beeinflußt Sind sie sehr stark, so wird die Magnetnadel dort, wo diese

[1]) Die Akkumulatoren-Fabrik A.-G., Berlin, liefert den Kurzschlußfinder mit Flussigkeits-Dampfung, um alle Schwankungen der Nadel beim Verschieben des Kompasses auszuschalten

Strome und damit deren Feld die Richtung ändern, also bei *C* oder *D*, umschlagen. Ist der Kurzschluß zwischen den Plattenpaaren *F* oder *G*, so zeigt die Nadel nur einen maximalen Ausschlag!

Zunachst setzt man den Kompaß auf das Ende der Bleileiste *A* oder *B*, damit er vor einer Beeinflussung durch die Ausgleichsstrome sicher ist An der Gradteilung des Kompasses merkt man sich die Richtung der Nadel Darauf schiebt man ihn auf einem Streifen Pappe vorsichtig und langsam die Leiste entlang (Das Zittern der Nadel ist belanglos.) Schlagt die Nadel um, oder ist das Maximum ihres Ausschlages kurz andauernd, also scharf ausgepragt, so hat man ohne weiteres das unter Kurzschluß stehende Plattenpaar gefunden. Der Sicherheit halber schiebt man dann den Kompaß auch noch einmal auf der anderen Leiste des betr Elements entlang. Es muß sich dann die Kurzschlußstelle an demselben Plattenpaar zeigen

Starke Kurzschlusse lassen sich ubrigens ohne jedes Instrument ihrer Lage nach bei Ladung der Batterie bestimmen, wenn man die einzelnen Fahnen mit den Fingern befühlt. Dort, wo sich (infolge Überlastung) deutlich die Erwarmung einer Fahne bemerkbar macht, ist der Kurzschluß

Man nimmt an der verdachtigen Stelle zuerst eine außere, dann eine innere Besichtigung vor

Damit man nun weiß, worauf zu achten ist, seien im folgenden die bestehenden

„Kurzschlußmöglichkeiten"

durch Wort und Bild erlautert

a) **Äußere** Besichtigung. (In einem dunklen Raume empfiehlt es sich, die Akkumulatorenraumlampe mit Blende zu Hilfe zu nehmen)

1. Man sehe sich die Rander der Glaser oder Stutzscheiben an, auf denen die Plattenfahnen aufliegen, ob nicht etwa feine Fadchen Lotblei (Abb 44) oder Fremdkorper — Blei usw — (Abb 45) einen Schluß *k* zwischen positiven und negativen Platten herstellen

2 Ferner achte man bei Glasrohreinbau auf die Stellung der Rohre Sie mussen namlich genau senkrecht stehen und

nicht so, wie in Abb. 46, wodurch die Möglichkeit einer Plattenberührung bei *k* gegeben ist.

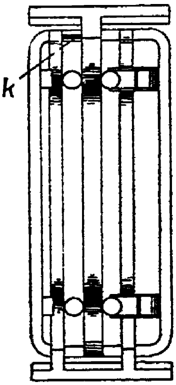


Abb 44

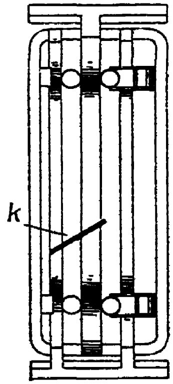


Abb 45

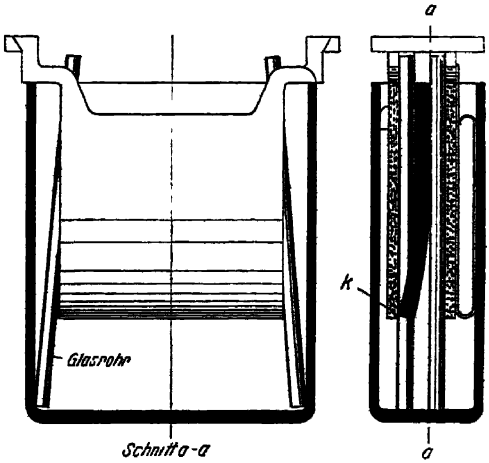


Abb 46

3 Die Fahnenreihen überblicke man von oben, um zu sehen, ob sich etwa infolge stark gekrümmter Positiver die Fahnen bei *k* berühren (Abb 47)

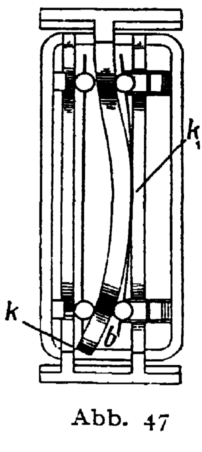


Abb. 47

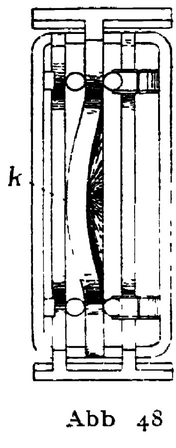


Abb 48

4. Auch besichtige man die Platten an der Oberkante, weil die Positiven dort vielfach stark gekrümmt sind und deshalb die Negativen bei *k* berühren (Abb. 48)

Bei Holzbrettcheneinbau achte man ganz besonders darauf, ob nicht etwa die scharfe Plattenkante das Brettchen *b*

durchgedrückt hat, wodurch gleichfalls bei k_1 Kurzschluß entsteht (Abb. 47).

5. Man richte sein Augenmerk auch darauf, ob etwa ein Bleibügel in eine Zelle gefallen ist und bei *k* die Negative und den Schlamm berührt (Abb. 49 und 50), denn auch diesem Umstande kann das Nichtfunktionieren des betreffenden Elements zuzuschreiben sein, falls ein oder mehrere Positive im Schlamme stehen.

6. Man besehe sich ferner die Stellen, wo die Bleimäntel zweier benachbarter Elementreihen unmittelbar nebeneinanderliegen (Abb. 51) und schenke den Bleimänteln **unter** den Bleileisten ganz besondere Aufmerksamkeit (Abb. 52), da in beiden Fällen dort leicht Fremdkörper eine leitende Brücke *k* bilden und **Kurzschluß** der betreffenden Zellen hervorrufen können, wie durch die eingezeichneten Strompfeile angedeutet.

7. Die Tragfahnen der Plattensätze, die mit ihren Bleileisten an nach der Decke führende Leitungen angeschlossen sind, revidiere man daraufhin, ob sie nicht etwa den Bleimantel einer Zelle berühren. Hat sich nämlich eine Batterie infolge zu **weichen** Fußbodens bei *A* gesenkt (Abb. 53), so be-

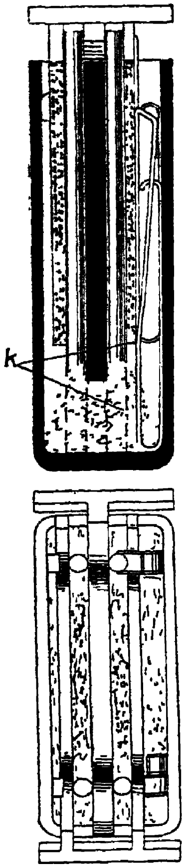


Abb. 49

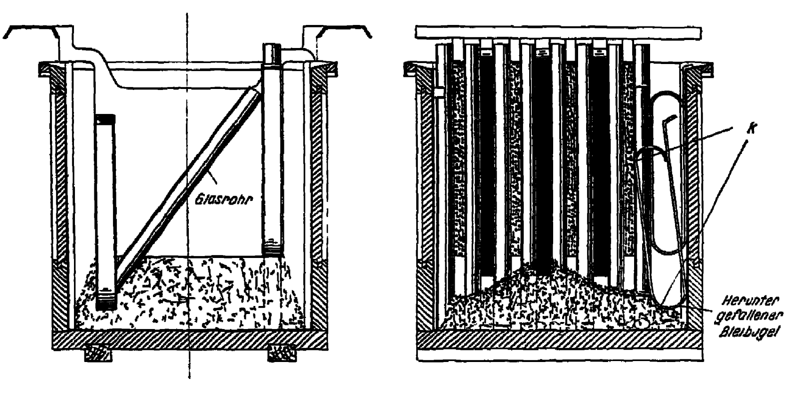


Abb. 50

steht die Möglichkeit, daß eine unnachgiebige Zellenschalterleitung usw. einen positiven oder negativen Plattensatz bei *s* anhebt, so daß die weit über die Stützscheibe hinausragenden Tragfahnen infolge einer kleinen Drehung mit dem Bleimantel in Berührung kommen können; bei kurzen

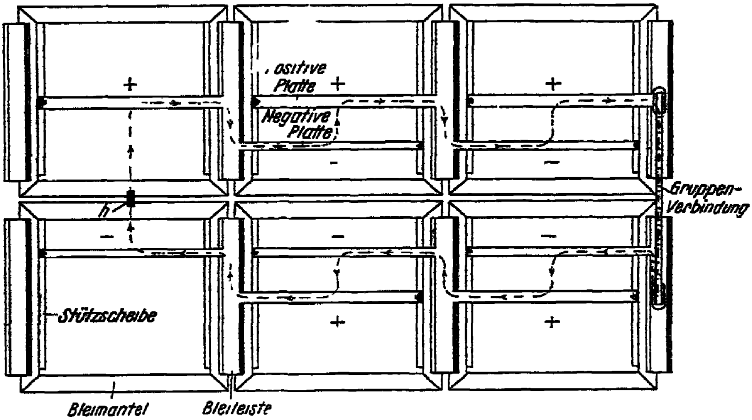


Abb 51

Tragfahnen kann dies aber auch eintreten, wenn eine Ecke der gläsernen Stützscheibe bei *b* (Abb. 53) infolge der Verschiebung eines Plattensatzes abplatzt. Es hat dann natürlich

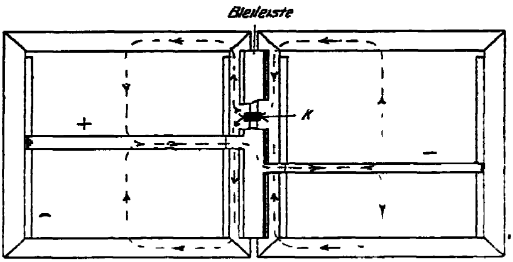


Abb 52

meist nur eine Endnegative Kontakt mit dem Mantel bei *k* Steht nun eine gewachsene Positive im Schlamm, so hat betreffende Zelle Kurzschluß

8. Man kontrolliere ferner, ob nicht etwa ein Fremdkörper *k* den Bleimantel und gleichzeitig eine Plattenfahne ein und derselben Zelle berührt (Abb 54). Kurzschluß ist auch hier nur möglich, wenn Positive im Schlamme stehen.

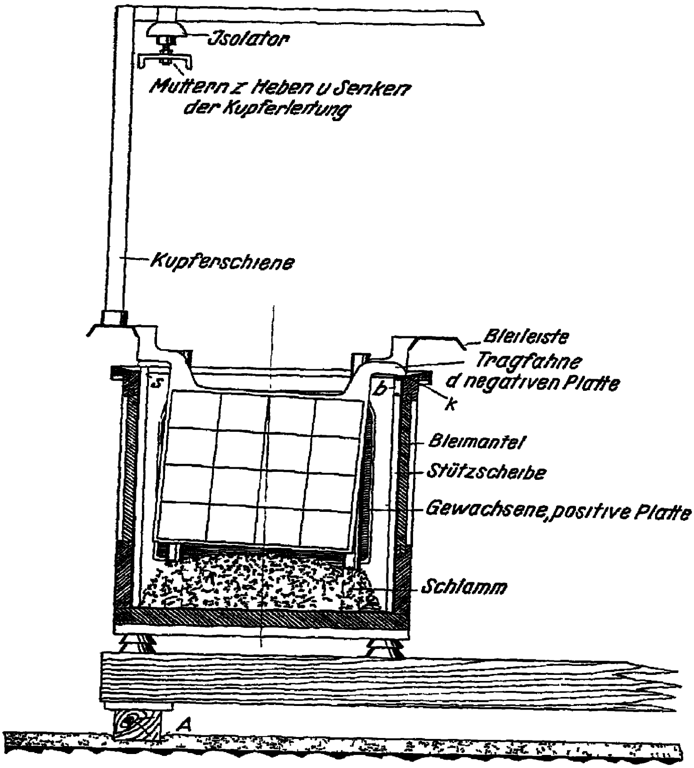

Isolator
Muttern z Heben u Senken der Kupferleitung
Kupferschiene
Bleileiste
Tragfahne d negativen Platte
s
b
k
Bleimantel
Stützscheibe
Gewachsene, positive Platte
Schlamm
A

Abb 53

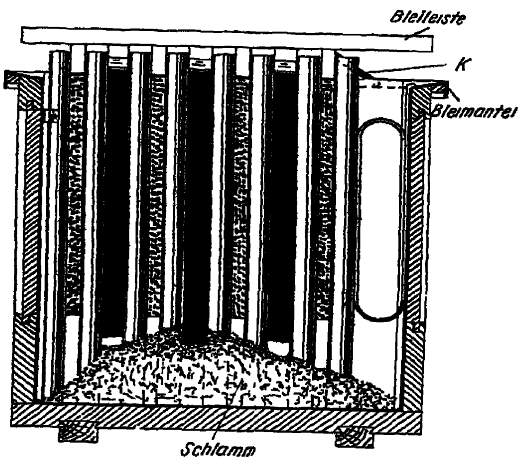

Bleileiste
K
Bleimantel
Schlamm

Abb 54.

Hat die äußere Besichtigung nicht zum Ziele geführt, so muß man versuchen, die Kurzschlußstelle

b) durch **innere** Besichtigung zu entdecken.

An der verdächtigen Stelle ziehe man 1, 2 oder 3 benachbarte Bretter sowie alle Glasrohre, den Kompaß läßt man dort, wo er den maximalen Ausschlag gezeigt hat, ruhig liegen.

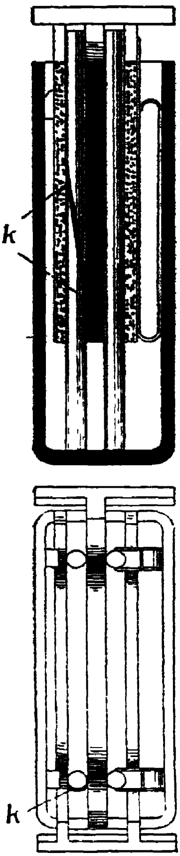
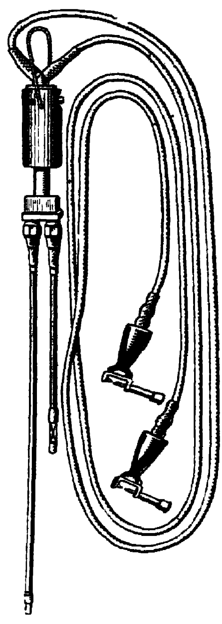


Abb 55

Bei großen Platten macht vielfach das Herausnehmen der Brettchen Schwierigkeiten, da einesteils dieselben durch gekrümmte Positive festgeklemmt werden, andernteils die Seitenstäbchen, an denen man zieht, an der Stelle, wo sie aus der Säure an die Luft treten, morsch sind und darum brechen Man hilft sich am besten dadurch, daß man zwei neue Mittelstäbe, die wohl in jeder Anlage als Reserve vorhanden sind, von oben auf das Brettchen schiebt Mit Hilfe der beiden neuen Stäbchen, die wie eine Zange wirken, kann man dann das Brettchen bequem ausheben Auch mit zwei dünnen Holzlinealen läßt es sich festklemmen und entfernen


Abb 56

9 Jedem herausgezogenen Brettchen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen Fehlt eine Ecke oder findet sich ein Loch, so wird an der entsprechenden Stelle der Platten der Kurzschluß zu suchen sein

10. Herausgezogene Hartgummiplatten sehe man sich gleichfalls darauf an, ob nicht eine Ecke abgebrochen ist

11 Bei herausgezogenen Glasröhren achte man besonders auf feine Fädchen Lotblei oder auf anhaftende Masse (Abb 55)

Vielfach ist schon nach Entfernung einzelner Glasrohre oder Bretter an der verdachtigen Stelle bereits der Kurzschluß beseitigt. Die Kompaßnadel zeigt dies sofort dadurch an, daß sie in die Nord-Sud-Richtung zuruckschnellt.

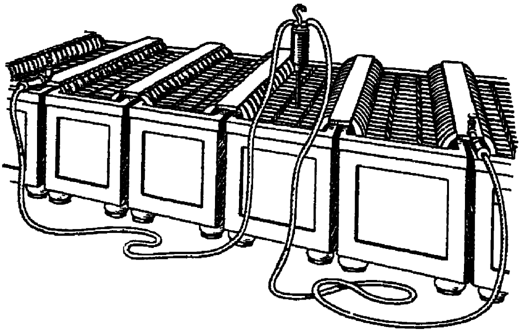


Abb 57

Bleibt der Kurzschluß aber bestehen, so muß man eine Untersaurelampe (Abb 56), die direkt von einigen Zellen der zu untersuchenden Batterie gespeist wird (Abb 57), zwischen die fraglichen Platten einfuhren Diese Lampe darf aber nur unter Saure ein- und ausgeschaltet werden Derartige Lampen werden von Ing. Hoffmann, Leipzig, geliefert.

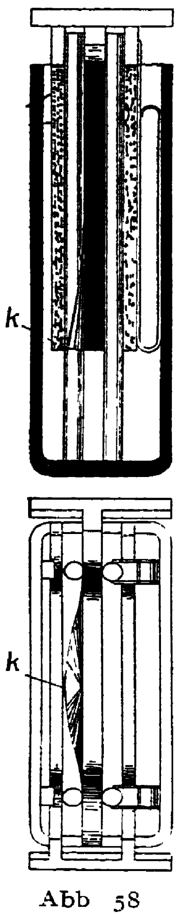


Abb 58

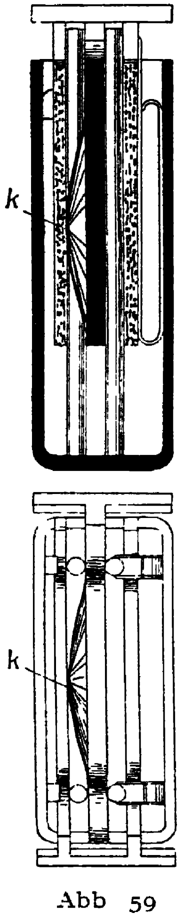


Abb 59

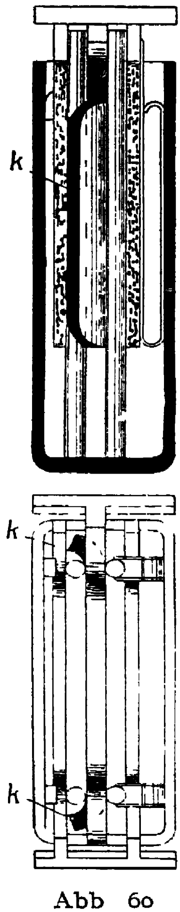


Abb 60

12 Man suche durch Ableuchten der einzelnen Plattenpaare festzustellen, ob etwa einzelne positive Platten sich unten (Abb 58) oder in der

Mitte (Abb. 59) so stark ausgebaucht haben oder um die Glasrohre so weit herumgewachsen sind (Abb. 60), daß sie bei *k* die benachbarte negative Platte berühren.

13. Beim Ableuchten achte man ganz besonders auf umgefallene Glasrohre, an denen sich leicht Masseteilchen festsetzen (Abb. 61), oder auf Masseblöckchen, die aus den negativen Gitterplatten ausgetreten sind (Abb. 62), da sie alle eventuell Schluß mit den Positiven bei *k* herbeiführen können.

In seltenen Fällen sind in Elementen mit Holzbrettcheneinbau verschiedene kleine „Nebenschlüsse" vorhanden, die man nicht eigentlich als Kurzschlüsse bezeichnen kann. Diese Nebenschlüsse bewirken, daß die betreffenden Elemente wesentlich später als die übrigen gasen. Hier zeigt der Kompaß zwar ebenfalls

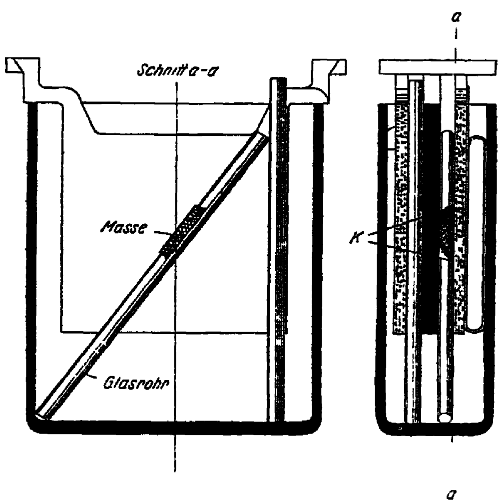


Abb 61

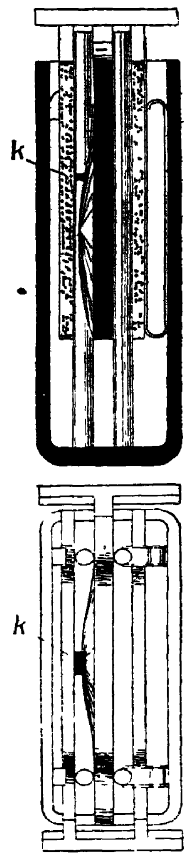


Abb 62

ein Maximum der Abweichung aus der Null-Lage, jedoch ist es nicht kurz andauernd und scharf ausgeprägt, sondern hält oft über die halbe Länge der Leiste an. Hier sind die Platten, welche eine Überbrückung besitzen, nicht leicht oder überhaupt nicht herauszufinden. Das Herausnehmen einer ganzen Reihe von Brettern usw. oder aller Bretter ist nutzlos (Beseitigung s. Kapitel III, Abschnitt 1.)

6. durch Prüfung des Isolationszustandes der Batterie.

Wenn eine Batterie nicht die garantierte Kapazität oder den vorschriftsmäßigen Wirkungsgrad hat, so kann auch entweder ihr eigener mangelhafter Isolationszustand oder der ihrer Zellenschalterleitungen daran schuld sein. Er muß dann aber schon *sehr schlecht* sein, wenn eine *in Frage kommende* nutzlose Entladung des Akkumulators stattfinden soll, deshalb ist dieser Fall ungemein selten.

Trotzdem wird man bei einer systematischen Untersuchung der Batterie auf eine Prüfung ihres Isolationszustandes nicht verzichten dürfen und daher zweckmäßig

a) die Zellenschalterleitungen und den einen Außenleiter,

b) das Holzgestell,

c) die Gruppenverbindungen

eingehend untersuchen.

a) Zunächst prüfe man die *Zellenschalterleitungen* entweder nach der in Einleitung, Abschnitt 8, beschriebenen Methode oder der Reihe nach mittels *Kompasses* bei *doppelpolig* abgeschalteter Batterie, und zwar immer in möglichster Nähe der Zelle, von der die betreffende Leitung ausgeht. (Man bringe den Kompaß aber nicht etwa auf die Bleileiste oder ganz in ihre Nähe, da sonst eine etwaige Ablenkung auch von einer Selbstentladung im Innern des fraglichen Elements herrühren könnte!) Schlägt der Kompaß jetzt aus oder um, so geht Strom durch die Leitung. Diese Zellenschalterleitung ist hierauf einer ganz genauen Besichtigung zwecks Feststellung des Isolationsfehlers zu unterziehen.

Schlägt an einer Leitung der Kompaß aus, so muß auch noch eine andere Zellenschalterleitung oder der eine der beiden Außenleiter bis zum Ausschalter an ein oder mehreren Stellen Erdschluß besitzen. Findet man jedoch bei Untersuchung der übrigen Leitungen, daß diese in Ordnung sind, so kann die Fehlerstelle *nur in der Batterie selbst* liegen. Man führe dann die im folgenden beschriebene Messung aus, deren Prinzip zunächst erläutert werden soll.

Angenommen, man habe in einer Anlage 120 hintereinander geschaltete Zellen mit einer Ruhespannung von 246 Volt,

die doppelpolig vom Netze getrennt sind Dann findet von Element zu Element ein Spannungsabfall von ca. 2,05 Volt statt. Es wurde nun, falls man einmal von dem Vorhandensein eines Isolationsfehlers absieht, die Spannungsdifferenz zwischen Element Nr 1 und Element Nr. 120 ca 246 Volt betragen Liegt dagegen bei Zelle Nr 20 ein Isolationsfehler, so ist an diesem Punkte die Spannung Null, am positiven Endpol der Batterie wird man nunmehr die Spannungsdifferenz + 41 Volt, am negativen — 205 Volt gegen Erde messen

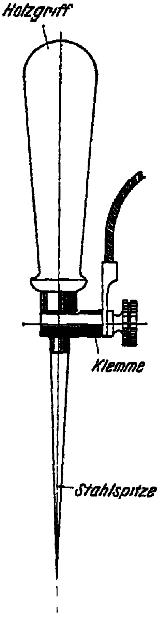


Abb 63

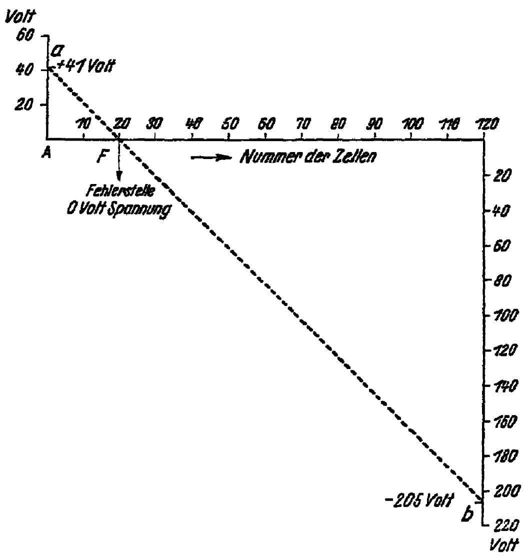


Abb 64

Legt man daher den einen Pol eines Präzisions-Voltmeters (Deprez d'Arsonval), das die volle Ruhespannung der Batterie zu messen gestattet, an die Wasser- oder Gasleitung und verbindet die Drahtleitung des andern Pols mit einer Spitze (Abb 63), so kann man durch Einstechen in die Leiste des Elements Nr 1 resp 120 die Spannungsdifferenz + 41, resp. — 205 Volt messen Tragt man sich dann die beiden gefundenen Werte nach Abb 64 als Lotrechte maßstablich auf, wahrend man die Wagrechte 120 mm lang macht, entsprechend 120 Zellen, so kann man durch einfache, geradlinige Verbindung der Punkte

a und *b* die Stelle des Isolationsfehlers *F* finden Durch Abmessen der Strecke *AF* findet man sofort die Nummer der Zelle, die die Spannung Null hat, also die Fehlerstelle Man wird naturlich der Sicherheit halber noch einmal die Zelle 20 mit dem Voltmeter gegen Erde messen und sich uberzeugen, ob dort wirklich die Spannung Null ist Ist die dort befindliche Bleileiste mit einer Zellenschalterleitung verbunden, so kann natürlich auch in dieser der Fehler liegen Man besichtige jedenfalls nunmehr sehr sorgfaltig das Holzgestell und die Isolatoren in der Nahe des Fehlers, evtl auch die betreffende Zellenschalterleitung.

Die beschriebene Methode, eine Stromableitungsstelle nach Erde an einem Holzgestell durch Messung aufzusuchen, versagt, sobald zwei oder mehrere auseinanderliegende oder eine große Anzahl kleiner, uber die ganze Batterie verteilter Isolationsfehler vorliegen; es muß dann eben das gesamte Holzgestell genau besichtigt werden

b) Zwecks Untersuchung des Holzgestells bekleide man sich mit einem Saureanzuge und lege sich bei Prufung der Bodengestelle oder der unteren Balken der Etagengestelle platt auf die Erde

Die Langs- und Querbalken der Holzgestelle leuchte man mit Hilfe der Akkumulatorenraumlampe — bei sehr großen Zellen nach vorheriger Entfernung der Laufbuhnen — grundlich ab, man suche nach Fremdkorpern (Kalk-, Ziegel-, Metallstuckchen), die etwa auf dem Fußboden liegen und das Holzgestell beruhren, und befuhle die Balken von allen Seiten, ob sie etwa durch verschuttete Nachfullflussigkeit naß sind (An einer solchen Stelle erhalt man in der Regel einen elektrischen Schlag!) Solch nassen Stellen sowie den in deren Nahe befindlichen Porzellan- und Glasisolatoren ist die großte Aufmerksamkeit zu widmen!

Bei Doppel-Etagengestellen achte man besonders darauf, ob etwa eine Ankohlung des Holzes durch den elektrischen Strom dort stattgefunden hat, wo sehr nasse Langs- und Querbalken miteinander verbunden sind

c) Gruppenverbindungen beobachte man daraufhin, ob sie vielleicht an einer feuchten Wand anliegen und so Erdschluß herstellen

7. durch Untersuchung der Platten auf elektrischem Wege mittels Kadmiumelektrode.

Besitzt eine Batterie auch nicht annähernd die garantierte Kapazität, obwohl sich keine kurzgeschlossenen Zellen vorfinden und der Isolationszustand tadellos ist, so muß auf eine Erkrankung des aktiven Bleimaterials geschlossen werden

Welche Plattensorte nun am Kapazitätsnachlaß des Akkumulators schuld ist, kann in den allermeisten Fällen mit Hilfe eines in Hartgummi eingelagerten amalgamierten Kadmiumbleches be-

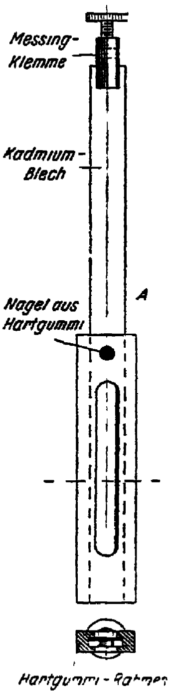


Abb 65

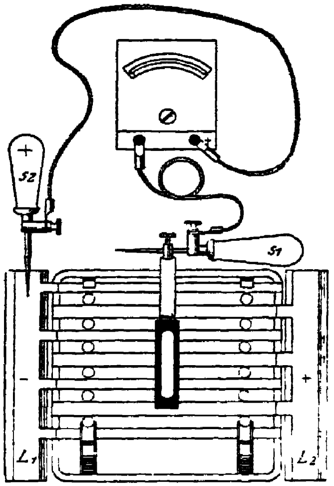


Abb 66

stimmt werden In zweckmäßiger Form wird diese Vorrichtung von der Akkumulatorenfabrik A.-G., Berlin, hergestellt (Abb 65)

Das Kadmiumblech wird bei *A* rechtwinklig umgebogen, und durch die Messingklemme wird eine Stahlspitze gesteckt, die in einem Holzheft befestigt ist (Abb 66) Mittels einer langen, biegsamen Leitung wird dieses Kadmiumblech hierauf an die Minusklemme eines Präzisionsvoltmeters von 3 Volt Meßbereich und möglichst hohem Eigenwiderstand an-

geschlossen, das am besten einen Tragriemen besitzt, mit dem es sich am Halse befestigen laßt. Man hat so die Skala des Instruments stets vor Augen und beide Hände zum Anfassen der Spitzen s_1 und s_2 frei (Abb 66). Die positive Klemme des Voltmeters schließt man, gleichfalls mittels biegsamer Leitung, an Spitze s_2 an, deren Holzgriff man mit einem eingeschnittenen oder eingebrannten + Zeichen versieht, damit man immer sofort weiß, welche von beiden Spitzen mit dem positiven Pol des Instruments verbunden ist

Das Kadmiumblech legt man jetzt auf die Platten (Abb 66); der Hartgummirahmen schutzt es vor Berührung mit denselben

Die Messung wird nun wie folgt ausgefuhrt

Etwa nach 10% Entladung der vorher vollstandig geladenen Batterie mißt man zunachst die Spannungs-

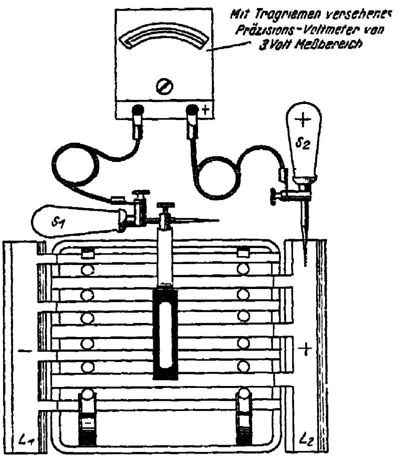


Abb 67

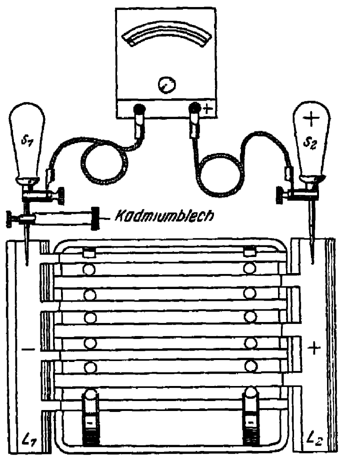


Abb 68

differenz der negativen Platten gegen Kadmium (Abb. 66), indem man mit Spitze s_2 in die — Bleileiste L_1 sticht, während das Kadmiumblech auf den Platten der zu untersuchenden Zelle liegen bleibt (Dem Voltmeter kann nichts passieren, wenn es infolge falschen Anschlusses verkehrt ausschlagen sollte, da der Ausschlag außerordentlich klein ist) Man messe z. B 0,15 Volt (Wird in Zukunft als — Kadmium bezeichnet) Darauf sticht man mit der gleichen Spitze s_2 in die + Leiste

L_2 (Abb. 67). Jetzt schlägt das Voltmeter auf alle Falle nach der richtigen Seite aus Man messe z. B 2,1 Volt (+ Kadmium) Darauf läßt man Spitze s_2 auf der + Leiste und sticht mit Spitze s_1 in die — Leiste (Abb. 68), so daß man jetzt die Klemmenspannung mißt, z. B. 1,95 Volt.

Bildet man jetzt die Differenz zwischen + und — Kadmium, so erhält man 2,1 — 0,15 = 1,95 Volt, also die Klemmenspannung. — Meist wird aber diese Differenz einen etwas niedrigeren Wert als die Klemmenspannung ergeben, etwa 0,01 bis 0,02 Volt zu wenig. Man habe z. B. 15 Min. nach Beginn der Entladung gemessen: + Kadmium = 2,09 Volt; — Kadmium = 0,13 Volt; Klemmenspannung = 1,97 Volt. Dann wäre die Klemmenspannung auf Grund der Kadmiummessung nur 2,09 — 0,13 = 1,96 Volt. Es ist also zu + Kadmium noch 0,01 Volt zu addieren. Nach Feststellung des Zuschlags wird man nur noch + Kadmium und die Klemmenspannung messen, — Kadmium aber berechnen

Beispiel + Kadmium (gemessen) = 2,10 Volt; Klemmenspannung 1,98 Volt Dann ist + Kadmium 2,10 + 0,01 = 2,11 Volt; Klemmenspannung = 1,98 Volt; — Kadmium (berechnet) 0,13 Volt

Genau dieselben Messungen mussen nun nochmals ausgeführt werden, wenn nach Entladung mit konstantem Strom die Batteriespannung eben unter die zulassige Netzspannung zu sinken beginnt (Bei Lichtbatterien nach Zuschaltung samtlicher Zellen)

Es sei gemessen worden

+ Kadmium (korrigiert) = 2,06 Volt, Klemmenspannung = 1,83 Volt

Dann ist — Kadmium = 2,06 — 1,83 = 0,23 Volt

Also ist der Spannungsabfall wahrend der Entladung

der positiven Platten 2,11 — 2,06 = 0,05 Volt,

der negativen Platten 0,23 — 0,13 = 0 10 Volt

In diesem Falle sind beide Plattensorten gesund, da nur dann die positiven oder negativen Platten einer Zelle als **krank** anzusehen sind, wenn ihr **Spannungsabfall** bei Entladung der gesamten Batterie bis zur Spannungsgrenze mit konstantem Strom **über 0,09 bis 0,1 Volt** betragt

Die fur die einzelnen Zellen gefundenen Werte tragt man

dann in nachfolgende Tabelle ein, aus der man — Kadmium sowie den Spannungsabfall der positiven und negativen Platten berechnet

Bei Zelle Nr + 41 ist der Spannungsabfall sowohl bei den positiven als bei den negativen Platten weit über 0,1 Volt Man konnte also meinen, beide Plattensorten seien krank. Aus der Kadmiummessung darf jedoch in diesem Falle obiger Schluß nicht gezogen werden, da die zweifellos bereits völlig entladenen Negativen (— Kadmium = 0,3 Volt) infolge ihres vorzeitigen Spannungsabfalls den übermäßigen Abfall der wahrscheinlich völlig gesunden Positiven veranlaßt haben können

	Nr der Zelle	Nach 10% Entladung	Nach Entnahme der garantierten Kapazität	Spannungsabfall der + und — Platten	Bemerkungen
+ Kadmium (Volt).	+60	2,10	2,06	2,10 — 2,06 = 0,04 Volt	— Platte krank
Klemmenspannung		1,98	1,80		
— Kadmium (berechnet)		0,12	0,26	0,26 — 0,12 = 0,14 Volt	
+ Kadmium (Volt)	—39	2,08	1,96	2,08 — 1,96 = 0,12 Volt	+ Platte krank
Klemmenspannung		1,96	1,81		
— Kadmium (berechnet)		0,12	0,15	0,15 — 0,12 = 0,03 Volt	
+ Kadmium (Volt)	+41	2,10	1,95	2,10 — 1,95 = 0,15 Volt	
Klemmenspannung		1,97	1,65		
— Kadmium (berechnet)		0,13	0,30	0,30 — 0,13 = 0,17 Volt	

Zeigen beide Plattensorten einen Spannungsabfall von über 0,1 Volt, so versagt eben diese Meßmethode

Nach dem Gebrauche muß die Kadmiumplatte sorgfältig von der Schwefelsäure befreit werden, da sich bei Eintrocknen derselben Kadmiumsulfat bildet, welches bei späteren Messungen Fehler verursachen würde

8. durch Kapazitätsprobe.

Da der Entladestrom einer Batterie im Betriebe meist sehr stark schwankt, aber eine Kadmiummessung nur dann zuverlässige Resultate über den Zustand der Platten ergibt, wenn dem Akkumulator die garantierte Kapazität bei konstantem Strom entnommen wird, so muß man ihn unter fortgesetzter Beobachtung von Meßinstrumenten entweder auf

einen besonderen, regulierbaren Metall- oder Wasserwiderstand oder auf eine andere, leere Batterie mit konstantem Strom so lange entladen, bis die zulässige Spannungsgrenze erreicht ist. Man führt dann eine sog. **Kapazitätsprobe** aus. Diese gestattet

1. einwandfrei und sehr genau die Kapazität der Batterie in Prozenten festzustellen,
2. die kranken Zellen am Schlusse der Entladung mittels Spannungsmessung ausfindig zu machen, und
3. falls sie nur *eine* kranke Plattensorte besitzen, auch diese durch Kadmiummessung zu ermitteln.

Um nun eine solche *einwandfrei* auszuführen, muß man in erster Linie wissen, von welchen Faktoren die Kapazität eines Akkumulators abhängt. Sie hängt ab:

1. **von der Entladestromstärke.** Je *geringer* sie ist, desto *mehr* Amperestunden kann man einer Batterie entnehmen (s. Abb. 19 nebst Beispielen);

2. **von der Säuretemperatur.** Alle Firmen beziehen die von ihnen garantierten Kapazitäten auf die Normaltemperatur von 15° C. Mit *höherer* Temperatur *steigt* die Kapazität einer Batterie, weil die Säure dünnflüssiger und beweglicher wird und darum leichter in die Poren der aktiven Schicht eindringen kann. Die Zufuhr an konzentrierter Säure wird stärker und demnach die Spannungslage der Batterie höher. — Bei Temperaturen unter dieser Normaltemperatur dagegen *fällt* die Kapazität *unter* die garantierte.

Will man bei einer Kapazitätsprobe dies berücksichtigen, so rechnet man am besten **pro 1 Grad C. Temperaturerhöhung über Normaltemperatur 1 % Kapazitätszunahme,** weil dieser Wert für keine in einer deutschen Fabrik angefertigte Batterie zu hoch ist, wie durch zahlreiche, von verschiedenen Seiten ausgeführte Messungen ganz zweifellos erwiesen ist.

Unter der normalen Säuretemperatur, z. B. 15° C, empfiehlt es sich, entweder Kapazitätsproben ganz zu unterlassen oder den Akkumulatorenraum vorher durch glühenden Koks, der sich in eisernen Körben befindet, so lange zu heizen, bis wenigstens normale Säuretemperatur vorhanden ist.

3. **von der Säuredichte.** Ist die Säuredichte niedriger als 1,20 (geladen), so dürfte die Kapazität meist niedriger

sein als die garantierte, ist das spez. Gewicht der Säure höher als 1,20 (geladen), so durfte bis 1,25 *Dichte* fast immer eine *Steigerung* der Leistungsfahigkeit auftreten.

Wie groß nun die Ab- oder Zunahme an Kapazitat ist, laßt sich in einfacher Weise nicht angeben, da auch die Plattendicke eine erhebliche Rolle spielt

Zwecks Ausfuhrung einer *genauen* Kapazitatsprobe ist es daher erforderlich, daß man schon 8 bis 14 Tage vorher die Säuredichte in den einzelnen Zellen auf die gleiche vorschriftsmäßige Hohe bringt, z. B. auf 1,20 (Das Abgleichen hat nur am Schlusse der Ladung zu geschehen) Genau wird sich naturlich die Säuredichte nicht in allen Zellen auf einen verlangten Wert bringen lassen, aber doch annahernd. Sie ware z B. sehr schlecht abgeglichen, wenn sie zwischen 1,19 bis 1,21 schwankte; gut dagegen, wenn 1,198 und 1,202 die außersten Werte wären.

Die **Ausführung der Kapazitätsprobe** *selbst* kann auf mancherlei Weise, je nach den Umstanden, vorgenommen werden, sie kann sich ganz einfach, aber auch sehr schwierig gestalten, *erfordert* aber *immer grundliches Sachverstandnis*

Am haufigsten wird sie in der Weise ausgefuhrt, daß man die Batterie mit dem auf der Bedienungsvorschrift angegebenen hochstzulassigen Strom auf einen Wasserwiderstand entladt Bei Lichtbatterien halt man Strom und Spannung, bei Pufferbatterien wegen Fehlens des Zellenschalters nur den Strom konstant. Strom und Spannung mißt man entweder mit Hilfe der vorher geeichten Schalttafelinstrumente oder durch besondere Prazisionsvoltmeter, Amperemeter u dgl

Schon bei dieser einfachsten Art der Batterieprufung kann man recht erhebliche Fehler begehen. Vielfach wird z. B das Voltmeter benutzt, das an den Sammelschienen liegt, um die Spannung des Akkumulators zu messen. Dasselbe zeigt dann eine um den Spannungsverlust in den Zellenschalterleitungen, Zellenschalterkontakten sowie den Gruppenverbindungen zu niedrige Spannung an. Betragt der gesamte Spannungsverlust bis Schalttafel beispielsweise 3 Volt, so liefert die Batterie, trotzdem das Voltmeter 110 Volt anzeigt, tatsachlich 113 Volt Ist nun z B. ein dreistundiger Ent-

ladestrom von 100 Amp. garantiert, so mußte die Batterie während der Probe 113 · 100 · 3 = 33900 Watt statt 110 · 100 · 3 = 33000 Watt abgeben, also rund 103 % der garantierten Leistung. Hierbei wird natürlich, unter Umständen auch bei völlig gesunder Batterie, die Spannung schon vor Ablauf der 3 Stunden unter 110 Volt gefallen sein.

Deshalb ist es unbedingt nötig, vor der Kapazitätsprobe diese Spannungsverluste mit Hilfe eines Präzisions-Voltmeters, an dessen Schnuren Spitzen befestigt sind, mit denen man die Bleileisten ansticht, zu bestimmen.

Die Spannungsverluste in den Zellenschalterleitungen und -kontakten bestimmt man dadurch, daß man das Präzisionsvoltmeter zunächst parallel zum Schalttafel-Voltmeter legt und der Batterie gleichzeitig einen Strom entnimmt, der so hoch ist, wie der Entladestrom während der Kapazitätsprobe. Dasselbe Instrument legt man dann unmittelbar an die Batteriepole, den Akkumulator immer noch mit dem gleichen Strom entladend (Natürlich ist die eine Leitung des Voltmeters mit der Bleileiste in Berührung zu bringen, wo gerade der Zellenschalterhebel steht!) Die Differenz zwischen den beiden Messungen ergibt dann den gesuchten Spannungsverlust.

Die Spannungsverluste in den Gruppenverbindungen mißt man durch Einstechen der Voltmeterspitzen in die Bleileisten, die miteinander durch Kupferleitungen verbunden sind.

Beispiel

Am Schalttafel-Voltmeter gemessen	220 Volt,
an den Batteriepolen gemessen . .	223 ,,
Spannungsverlust in Zellenschalterleitungen und -kontakten . . .	3 Volt
10 Gruppenverbindungen à 0,1 Volt gemessen	1 ,,
Gesamter Spannungsverlust bis Schalttafel	4 Volt

Das Einschalten des Präzisions-Amperemeters geschieht in der Weise, daß man eine Batteriesicherung herausnimmt und an deren Stelle den Nebenschlußwiderstand des Instru-

ments einfugt, wozu unter Umständen ein Paar kurze, dicke Drahte oder zwei kleine Stucke Flachkupfer nötig sind. Vielfach baut man denselben auch vorteilhaft an den verschraubten Stoßstellen zweier Flachkupferleitungen ein.

Den Wasserwiderstand legt man parallel zu den Sammelschienen, vorausgesetzt, daß die Batterie entweder eigene Sammelschienen besitzt oder mangels derselben ein Tieferhalten der Spannung um den Spannungsverlust der Batterieleitungen zulässig ist. Sonst muß man diese von den Sammelschienen abschrauben und mittels biegsamer Kabel unter Einschaltung von Sicherungen mit dem Wasserwiderstand direkt verbinden. Bei Dreileiterbatterien verwendet man fur jede Seite einen solchen.

Ein Petroleumfaß mit zwei durch einen dazwischen gesteckten Holzbalken getrennten Eisenblechen, die in angesäuertes Wasser tauchen, eignet sich als Belastungswiderstand (Wasserswidertand) am besten und vertragt einen Strom von mindestens 1000 Amp, falls man nur dafur sorgt, daß die Temperatur der Flüssigkeit im Fasse 80 ° C. nicht uberschreitet. Dies erreicht man dadurch, daß man nach Bedarf kaltes Wasser oder kalte Säure zu- und die warme Flussigkeit durch einen Hahn ablaufen laßt sowie die eine Platte aushebbar einrichtet In die Flussigkeit hangt man ein Thermometer Das Faß selbst stellt man isoliert auf, der bedienende Mann zieht Gummischuhe an und stellt sich auf ein trockenes, bei hoherer Spannung durch Glasplatten isoliertes Brett Vorteilhaft verwendet man auch ein Stuck Laufboden aus dem Akkumulatorenraum nebst Isolation

Nachdem diese Vorbereitungen getroffen sind und die kurzschlußfreie Batterie gehorig mit Ruhepausen oder mit ganz schwachem Strom (Kap. III, Abschn. 3) uberladen ist, schaltet man die Batterie auf den Wasserwiderstand, der zunachst nur reines Wasser enthält, gießt dann unter fortwährendem Umruhren mit einem Holzstabe vorsichtig Säure zu, gleichzeitig die Spannung der Batterie mit Hilfe des Zellenschalters auf den vorschriftsmaßigen Wert einstellend, bis der Entladestrom den richtigen Wert erreicht hat Namentlich wahrend der ersten Viertelstunde sowie gegen Schluß der Probe muß ununterbrochen eine Person

die Instrumente beobachten, wahrend eine andere auf Anruf den Wasserwiderstand durch Zugießen von Saure, Wasser oder Anheben einer Platte etwas andert. Beim Einschalten des Stromes schreibt man die Zeit auf, spater die Zahl der eingeschalteten Zellen. Strom, Spannung und Sauretemperatur hat man bereits notiert. Man braucht dann, da ja mit konstantem Strom entladen wird, nur noch einmal Zeit, Strom, Spannung usw. aufzuschreiben, und zwar dann, wenn die tiefstzulässige Entladespannung nicht mehr gehalten werden kann.

Es hat keinen Sinn, bei einem Amperemeter, das z. B. bis 2000 Amp. zeigt (1 Teilstrich = 100 Amp.), etwa den Strom auf das Ampere genau einstellen zu wollen. Soll z. B. laut Bedienungsvorschrift ein dreistündiger Entladestrom von 1584 Amp. eingehalten werden, so wird man ca. 1575 Amp. einstellen konnen. Angenommen, man habe tatsachlich 1575 Amp. gehalten, so hatte man die Batterie mit $\frac{1575}{1584} \cdot 100 = 99{,}5\%$ statt 100% entladen, das fehlende halbe Prozent ist ohne Belang. — Auch ist es zwecklos, wie dies meist geschieht, etwa in Intervallen von ¼ bis ½ Stunde Notizen zu machen.

Betragt nun die mittlere Netzspannung einer Lichtbatterie 110 Volt, so wird man zu Beginn der Entladung auf ca. 111 Volt einstellen, weil der Zellenschalter nur ein sprungweises Regulieren um ca. 2 Volt gestattet. Man laßt also die Spannung bis auf 109 Volt sinken, um dann abermals eine Zelle zuzuschalten, so daß also tatsachlich wahrend der Entladung eine mittlere Spannung von 110 Volt gehalten wird.

Findet bei einer 220-Voltbatterie eine Abschaltung von jedesmal zwei Zellen statt, so wird man zwischen 222 und 218 Volt regulieren.

Man legt am besten ein Prazisions-Voltmeter unmittelbar an ihre Pole, die eine Instrumentleitung immer dort an die Bleileiste anschließend, wo gerade der Zellenschalter steht.

Bei Pufferbatterien fallt dieses Wandern mit der einen Leitung naturlich fort.

Will man das Schalttafel-Voltmeter nach vorheriger Eichung benutzen, und beträgt der Spannungsverlust in den Zellenschalterleitungen usw 2 Volt, so ist zwischen 109 und 107 Volt zu regulieren, um eine mittlere Batterie-Polspannung von 110 Volt zu halten.

Bei jeder Kapazitätsprobe kann man natürlich auch einen Watt- oder Amperestundenzähler einschalten, den man während der Probe eicht Zeigt er z. B. 7% zu wenig an, so müßte im Falle Schema Nr. 1 die Batterie so lange entladen werden können, bis laut Zähler 321 Ah oder $\frac{321 \cdot 110}{1000}$ = 35,31 kWh entnommen sind.

Schema Nr. 1.

Kapazitätsprobe an einer 110-Volt-Lichtbatterie von 300 Ah garantierter dreistündiger Kapazität

Zeit	Strom in Ampere	Spannung in Volt an der Schalttafel	Zellen-zahl	Bemerkungen
9 Uhr	100	109	55	Spannungsverlust in den Zellenschalter-leitungen 2 Volt
12 „	100	107	58	

Die Batterie besitzt demnach reichlich 100% Kapazität.

Schema Nr. 2

Kapazitätsprobe an einer Pufferbatterie
242 Zellen, 592 Ah garantierte Kapazität bei einstündiger Entladung, 500 Volt Ruhespannung

Zeit	Strom in Ampere	Spannung in Volt	Bemerkungen
10 Uhr	592	443	Die Spannung wurde unmittelbar an den Polen der Batterie gemessen
10^{45} „	592	423	

Da die Pufferbatterie 242 Zellen mit einer tiefstzulässigen Entladespannung von 1,75 Volt pro Zelle hat, so beträgt diese für alle Zellen zusammen 1,75 242 = 423 Volt Dieser Wert wird bereits nach ¾ Std erreicht, also beträgt die Kapazität nur 75% der garantierten

Bei vorstehenden beiden Proben ist keine Rücksicht auf die Säuretemperatur genommen, da die Akkumulatorenfabriken meist keine Angaben hierüber machen.

Wenn naturlich von einer Fabrik die Kapazitat z. B. bei 15° C garantiert ist, so kann eine Erwärmung der Säure über 15° C berucksichtigt werden. (Auf je 1° C mehr 1% Kapazitätszunahme.)

Betragt z. B. zu Beginn einer dreistundigen Entladung die Sauretemperatur 24° C, gegen Ende derselben 22° C, so ist die mittlere Säuretemperatur (23° C) um 8° zu hoch; die Kapazität der **gesunden** Batterie ist demnach nicht 100, sondern 108% Ein Akkumulator mit einer dreistündigen Kapazität von z. B. 300 Ah müßte dann 324 Ah liefern, oder die Entladung ware um 24 : 100 = 0,24 Std. = 14 Min. langer fortzusetzen.

Schema Nr. 3.

Kapazitatsprobe unter Berücksichtigung der Säuretemperatur an einer 110-Volt-Lichtbatterie von 300 Ah garantierter dreistundiger Kapazität

Zeit	Sauretemperatur	Strom in Ampere	Spannung in Volt an der Schalttafel	Zellenzahl	Bemerkungen
9 Uhr	24° C	100	109	55	Spannungsverlust in den Zellenschalterleitungen betrug 2 Volt
12[14] ,,	22° C	100	107	60	

Die Batterie hat also bei 15° C. 100% Kapazitat.

Jede der vorstehenden drei Kapazitätsproben gibt nur Aufschluß, wie viele der garantierten Amperestunden die Batterie tatsächlich abgibt. Falls sich nun ein starker Kapazitatsruckgang zeigt, so weiß man nicht, ob **alle** Zellen oder nur einzelne krank sind Es ist deshalb jede Probe, die **nicht** 100% Kapazitat ergibt, **wertlos**, wenn nicht zu **Anfang** der Probe, nach 10% Entladung, die Klemmenspannung sowie + Kadmium **aller** Zellen, gegen **Ende** die gleichen Werte bei den **kranken** Zellen gemessen werden (Schema Nr 4)

Man beginnt die Messung bei der letzten Stammbatteriezelle. Zellen, deren Spannung nur um $^3/_{10}$ bis $^1/_{10}$ Volt **unter** die tiefstzulassige Spannung gesunken ist, werden **nicht** notiert, denn eine Zelle, die z B statt 1,83 Volt 1,80 Volt am Schlusse der Entladung zeigt, ist meist nur in der Ladung etwas zuruck; sie ist auf alle Falle gesund

Nach Schema Nr 4 wurde z B Zelle Nr 55 umgepolt sein. (Das Voltmeter schlagt in verkehrter Richtung aus)

In Zelle Nr. 59 und Nr. 56 sind die Negativen krank (S. Kap. II, Abschn. 7.)

Schema Nr. 4.

Spannungsmessung an den einzelnen Zellen

(+ — bedeutet Klemmenspannung, + bedeutet + Kadmium.)

Zeit	Nr. 60		Nr. 59		Nr. 58		Nr. 57		Nr. 56		Nr. 55	
	+−	+	+−	+	+−	+	+−	+	+−	+	+−	+
9 Uhr	1,96	2,12	1,90	2,13	1,96	2,12	1,96	2,11	1,70	2,12	1,60	2,12
12 „	—	—	1,75	2,02	—	—	—	—	—	2,00	−0,5	0,9

Vielfach werden auch *sämtliche* Zellen einer Lichtbatterie, also auch die Zuschaltzellen, bei der Kapazitätsprobe eingeschaltet und mit konstantem Strom bis z. B. auf 1,83 Volt pro Zelle entladen, so daß die Probe bei ungefähr $1{,}98 \cdot 60 = 119$ Volt beginnt und bei $60 \cdot 1{,}83 = 110$ Volt aufhört.

Bei einer *neuen* Batterie, die nur *wenige* Tage in Betrieb ist, wird man aus technischen Gründen gegen die gleichzeitige Entladung sämtlicher Zellen nichts einwenden können; sie ist vielleicht sogar zu empfehlen, da man dann sicher ist, daß *alle* Zellen von vornherein gesund sind. Aber bei einer *alten* ist dies auf alle Fälle unzulässig. Auch ist eine solche Leistung des Akkumulators von seiten der Fabrik gar nicht garantiert, wie folgende kleine Rechnung zeigt. Sind für eine Batterie von 60 Zellen 110 Volt Polspannung und 900 Ah dreistündig garantiert, so entspricht dies einer Leistung von $900 \cdot 110 = 99000$ Wh. Werden aber von vornherein alle 60 Zellen entladen und beträgt die mittlere Entladespannung eines Elements 1,96 Volt, so werden tatsächlich $1{,}96 \cdot 60 \cdot 900 = 105840$ Wh entnommen, das sind 106,9% der garantierten Leistung.

Schon das Vorhandensein der Zellenschalterleitungen deutet an, daß eine Lichtbatterie niemals *dauernd* mit sämtlichen Zellen entladen werden soll.

Vielfach werden nun Kapazitätsproben in der Weise ausgeführt, daß man den Akkumulator *während des Betriebes* aufs Netz entlädt, denn wollte man eine Zentralbatterie von z. B. 6000 Ah Kapazität bei 220 Volt Spannung auf einen Wasserwiderstand *nutzlos* entladen, so würde das dem Werke bei einem Selbstkostenpreise der Maschinenkilowattstunde

von 0,1 Mark $\frac{6000 \cdot 220}{1000 \cdot 0{,}72}$ 0,10 = 183 Mark Ladekosten verursachen; man wird deshalb lieber die Batterie nutzbar aufs Netz entladen, um zu sparen. Kann der Akkumulator dann nicht mit dem auf der Bedienungsvorschrift angegebenen höchstzulässigen Strom entladen werden, sondern nur mit einem niedrigeren, der aber während der ganzen Dauer der Probe konstant gehalten wird, so ist gegen diese Art der Untersuchung nichts einzuwenden, wenn die höhere Kapazität nach Kurve Abb. 19 (s. auch die zugehörigen Beispiele!) vorausberechnet und dann auch tatsächlich entnommen wird.

Zu beanstanden wäre jedoch folgende Art der Kapazitätsprobe:

Garantiert: 300 Ah bei dreistündiger Entladung.

Zeit	Spannung in Volt	Zellenzahl	Strom in Ampere	Ah
9 Uhr	111	55	100	
10^{45} ,,	.	.	80	175
11^{15} ,,	.	.	40	40
11^{45} ,,	.	.	60	20
12 ,,	.	.	40	15
1 ,,	.	.	20	40
1^{30} ,,	109	60	20	10
				Sa 300 Ah

Im vorliegenden Falle kann man ohne weiteres sagen, daß die Batterie trotz der herausgeholten 300 Ah die garantierte Kapazität nicht besitzen würde, wenn mit 100 Amp. konstant 3 Stunden lang Entladung stattfände, da bei schwächerem Entladestrom als dem dreistündigen (wie im vorliegenden Falle) die Kapazität des Akkumulators so erheblich steigt, daß nach Entnahme obiger 300 Ah bei gesunder Batterie noch nicht alle 60 Zellen eingeschaltet sein durften.

Ja, die 300 Ah wären selbst bei obigen Strömen ohne ein erhebliches Fallen der Spannung unter 109 Volt gar nicht herausgekommen, wenn der Akkumulator zufälligerweise die 100 Amp nicht von 9 bis 10^{45} Uhr, sondern erst von 11^{45} Uhr ab geliefert hätte, da die Reihenfolge der Ströme

bei dieser Art von Kapazitätsprobe keinesfalls für deren Ausfall gleichgultig ist, wie von Dr. Liebenow durch Messungen einwandfrei bewiesen ist. Er sagt auf S. 14 seiner Inauguraldissertation[1]): „Nun aber ergeben die oben angeführten Versuche, daß es einen bedeutenden Unterschied macht, ob man am Anfang der Entladung schwachen und gegen das Ende einen starken Entladestrom oder umgekehrt zuerst einen starken, dann einen schwachen Strom verwendet. Man erhält im letzteren Falle eine nicht unbeträchtlich höhere Kapazität als im ersten."

Dies ist auch ganz erklarlich; denn setzt ein starker Entladestrom ein, wenn der Akkumulator ungefahr schon zur Hälfte entladen ist, so findet er die + Platten bereits mit einer Sulfatschicht überzogen vor. Er wird deshalb seinen Weg zu den inneren Masseteilchen nehmen. Im Platteninnern ist aber die Säurekonzentration bereits infolge der vorangegangenen Entladung gesunken. Der starke Entladestrom wird daher dort bald Erschöpfung der Säure hervorrufen, neue kann infolge Porenverengerung nicht schnell genug und in genügender Menge ins Platteninnere gelangen, und demnach muß die tiefstzulassige Klemmenspannung vor der Zeit erreicht werden

Eine sehr billige Kapazitatsprobe unter genauester Einhaltung der garantierten Werte ist moglich, wenn in einem Elektrizitatswerke noch eine zweite gleichgroße oder wenigstens nahezu gleichgroße Batterie vorhanden ist Man entladt dann den zu prufenden, vorher mit Ruhepausen aufgeladenen Akkumulator, auf den anderen entladenen. Dieser hatte sowieso geladen werden mussen, allerdings mit dem billigeren Maschinenstrome.

Angenommen, jede der beiden Batterien habe eine dreistundige Kapazität von 10000 Ah und 220 Volt Entladespannung. Die Selbstkosten der Kilowattstunde sollen 0,1 M. betragen. Dann kostet die Ladung einer solchen Batterie mit Maschinenstrom:

$$\frac{10\,000 \cdot 220}{1000 \cdot 0{,}72} \cdot 0{,}1 = 305 \text{ Mark.}$$

[1]) Gottingen 1905 „Über die Abhangigkeit der Kapazitat des Bleiakkumulators von der Stromstärke".

Es werden hierbei $\frac{10000 \cdot 220}{1000 \cdot 0,72} = 3050$ kWh aufgeladen. Entlädt man aber die zu prufende Batterie auf die andere, so werden nur $\frac{10000 \cdot 220}{1000} = 2200$ kWh aufgeladen. Es fehlen also 850 kWh, die durch Maschinenstrom ergänzt werden müssen und 850 . 0,1 = 85 Mark kosten. Diese Kapazitätsprobe verursacht demnach nur 85 Mark Unkosten gegenuber 305 Mark, falls man auf Wasserwiderstand entladen hätte.

Die Ausfuhrung der Probe geschieht in der Weise, daß man zunächst die beiden Batterien parallel schaltet, nachdem man vorher die Zellenschalter so weit verschoben hat, daß die Batterie, welche den Ladestrom für die andere abgeben soll, eine ein klein wenig höhere Spannung hat. In den Stromkreis beider Batterien schaltet man gleichzeitig auch die Zusatzmaschine ein, deren Polarität so sein muß, daß sich ihre eigene Spannung zur Spannung der Batterie addiert, die den Ladestrom liefert. Die Zusatzmaschine ist unbedingt erforderlich, da man durch Manovrieren mit den Zellenschalterhebeln allein niemals andauernd einen konstanten Strom erzeugen kann. Durch Regulieren am Feldregler der Zusatzmaschine läßt sich das aber anstandslos erreichen. Abb. 69 zeigt die Schaltung fur eine Dreileiteranlage. Schalttafel-Voltmeter usw. sind absichtlich weggelassen worden, um das Wesentliche recht deutlich zu zeigen. Hinter der Schalttafel sind nur die Verbindungen *x—x*, resp *y—y* auszufuhren. — Amperemeter sind event. umzuschalten, falls ihr Nullpunkt nicht in der Mitte liegt, die Umschaltung geschieht einfach dadurch, daß man die Spannungsleitungen am Nebenschlußwiderstande vertauscht Zu messen ist naturlich nur die Klemmenspannung der zu prufenden Batterie, andere Spannungen sind nicht aufzuschreiben Es ist Schema 1 oder 3 anzuwenden. Wahrend der Probe speist die Hauptmaschine das Netz allein. Sollte sie versagen, so kann man *x—x* oder *y—y* leicht lösen, wenn man zwischen *x—x* usw. einen Schalter eingebaut hat. Man ist dann imstande, sofort mir den Batterien wieder aufs Netz zu fahren.

Die eben beschriebene Kapazitatsprobe kann moglicherweise nur des Nachts bei außerst geringer Netzbelastung

unter peinlichster Beaufsichtigung der Hauptmaschine ausgeführt werden. Über die in jedem Falle auszuführende Schaltung muß man sich natürlich ganz klar sein; am besten macht man sich vorher eine Skizze.

Haufig ist es nun ausgeschlossen, eine Kapazitatsprobe an sämtlichen Zellen einer Batterie vorzunehmen, da es ja immerhin moglich wäre, daß z B. in einem Fabrikbetriebe

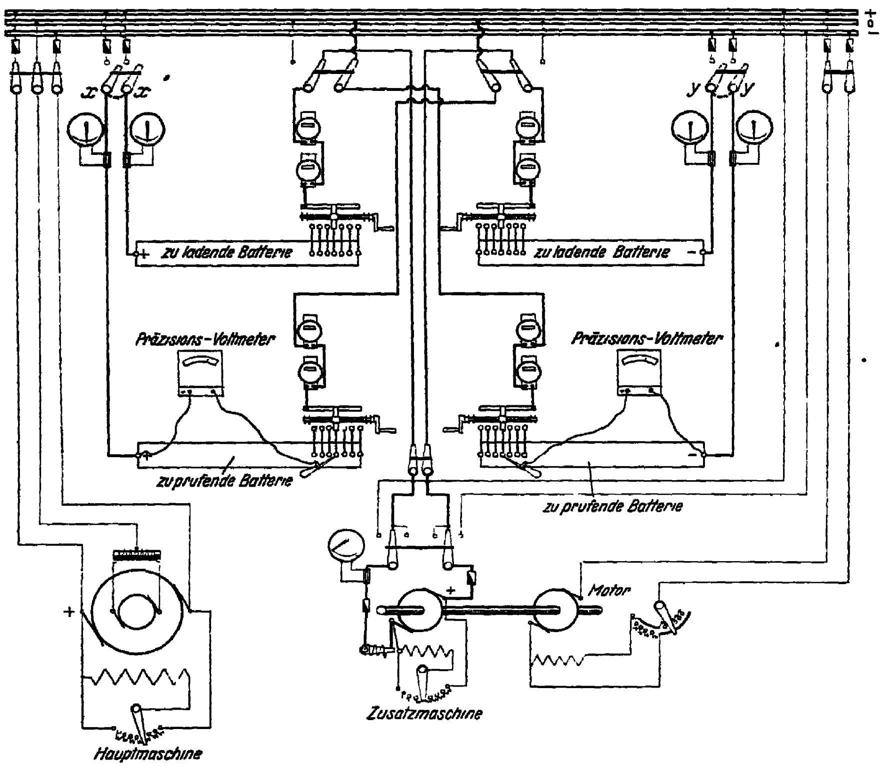


Abb 69

nach Entladung des Akkumulators die Gasmotoren usw. plotzlich versagten und dann die Arbeiter nach Hause gehen mußten, weil die Batterie allein den Betrieb nicht aufrechterhalten konnte Man sieht sich dann gezwungen, die Untersuchung auf eventuelle Erkrankung derselben nur an zwei bis drei Stammzellen vorzunehmen, die man nicht von der übrigen Batterie zu trennen braucht, wenn ein besonderes Nachlade-Aggregat vorhanden ist Sonst ist dies aber nötig

(s Kap III, Abschn. 2) Da nun ein Wasserwiderstand bei Entladung so weniger Zellen sehr schlecht funktioniert, so schließt man die fraglichen Elemente am besten an einen Metallwiderstand an. Zu seiner Herstellung genugen in der Regel einige Meter in jeder Eisenhandlung kauflichen Eisenbandes, das man mit dem einen Ende unmittelbar an der einen Endbleileiste mit Hilfe einer Klemme (Abb. 70) befestigt. An der zweiten Endleiste befestigt man in gleicher Weise eine Kupferdrahtleitung oder ein biegsames Kabel — je nach der Stromstärke — und schließt daran ein Präzi-

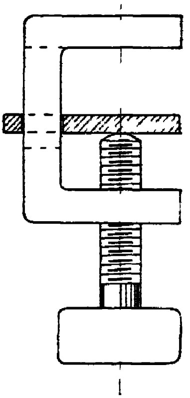


Abb 70.

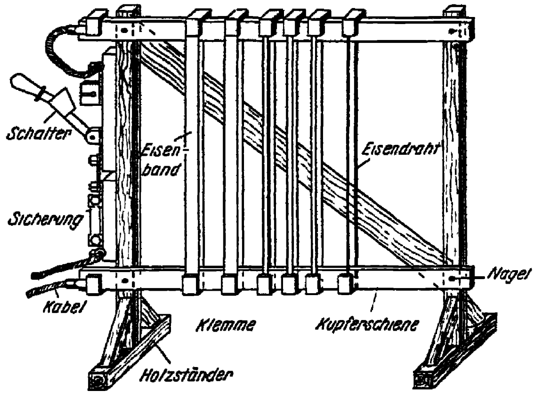


Abb 71.

sions-Amperemeter, eine Sicherung und einen Ausschalter an. An diesen befestigt man zwei Leitungen, deren Enden mit je einer Klemme versehen sind, die sich uber das Eisenband schieben und festklemmen laßt Durch Verschieben einer solchen Klemme kann man dann die Lange und damit den Widerstand des eingeschalteten Eisenbandes andern Damit nun der Strom wahrend des Einregulierens nicht unterbrochen wird, muß jedesmal die zweite Klemme miteingeschaltet werden. Diese verschiebt man so lange, bis der Strom den richtigen Wert hat, schraubt sie am Bande fest und entfernt dann die erste Klemme Auf diese Art laßt sich der Strom sehr leicht konstant halten, nur darf man kein zu schmales Band verwenden, weil dieses unter Umstanden rotgluhend wird und sich also nicht anfassen laßt

Bis 500 Amp. läßt sich diese Vorrichtung bequem verwenden. Darüber hinaus empfiehlt sich die Verwendung der in Abb. 71 dargestellten Einrichtung.

Die Bänder und Drähte werden mit Hilfe der Klemme (Abb. 70) an Kupferschienen befestigt Durch Hinzufugen oder Hinwegnehmen schmalerer Bänder oder von Eisendrahten läßt sich der Strom konstant halten. Diese konnen auch rotgluhend werden; nur darf kein Luftzug im Raume sein, da sich sonst ihr Widerstand ändert und infolgedessen Stromschwankungen auftreten — Im ubrigen erfolgt die Kapazitätsprobe nach Schema Nr 2.

Sie ergibt nur dann auch hinsichtlich der ubrigen Zellen ein richtiges Resultat, wenn alle Zellen der Batterie gleichmäßig gut und zu gleicher Zeit gegen Schluß der Ladung Gas entwickeln

9. durch Untersuchung der Platten auf mechanischem Wege und Besichtigung derselben. (Plattenkritik.)

Mit Hilfe der Kadmiummessung stellt man zwar in den meisten Fallen fest, welche Plattensorte am Kapazitatsruckgange schuld ist, nur weiß man dann vielfach noch nicht, an welcher Krankheit die positiven oder negativen Platten leiden. Manchmal versagt auch die Kadmiummessung (s Abschn 7), und es ist dann zweifelhaft, ob nur eine Plattensorte krank ist oder alle beide leiden

Hier bewährt sich nun die mechanische Untersuchung und die Besichtigung der Platten aufs beste, ein Verfahren allerdings, das man am zweckmaßigsten der Akkumulatorenfabrik uberläßt.

a) Mechanische Untersuchung einer **negativen** Platte.

Um eine negative Platte auf mechanischem Wege zu prufen, entnimmt man sie in geladenem Zustande nach Durchschneiden der Fahne einem Stammelement und laßt sie zunachst gut abtropfen. Die Platte muß auf alle Falle gut geladen sein, da ihre Masse entladen infolge des großen Bleisulfatgehaltes wesentlich harter ist. Man wurde auch leicht zu einem falschen Untersuchungsergebnisse

gelangen, wollte man die Platte einem der ersten Zellenschalter-Elemente entnehmen, da diese wenig zur Arbeit herangezogen werden und also meist in sehr gutem Zustande sich befinden.

Bei einer Kastenplatte schneidet man jetzt mit einem spitzen Messer das perforierte (durchlochte) Blech eines Feldes an zwei Seiten auf, klappt das Blech zurück und entnimmt dem Felde mit Hilfe des Messers etwas Masse. — Bei einer Gitterplatte hebt man ebenfalls mit Hilfe eines spitzen Messers ein Masseblöckchen aus einem Felde.

Zu beachten ist noch, daß man die Masse nicht nur aus verschiedenen Stellen ein und derselben Platte (letztere arbeitet meist unten stärker als oben), sondern auch aus verschiedenen Probeplatten entnehmen muß.

Läßt sich nun die entnommene Masse ohne Anstrengung zwischen den Fingern feinkörnig zerreiben, so ist sie in tadellosem Zustande. — Läßt sich dagegen das Zerreiben nur mit großer Mühe ausführen und bilden sich hierbei größere und kleinere, nicht glänzende, grobkörnige Stückchen, die sich hart anfühlen, so zeigt die Masse die Bildung mehr oder minder großer Bleisulfatkristalle. Die Kapazität dürfte dann mehr oder weniger gesunken sein, läßt sich aber auf alle Fälle durch geeignete Mittel wieder herstellen.

Ist aber ein Zerreiben der Masse unmöglich oder läßt sie sich nur in größere Stücke zerbrechen, so ist Verbleiung zu konstatieren. Eine solche Platte leistet praktisch nichts mehr. Eine Wiederherstellung der Kapazität ist unmöglich.

Verfasser hat niemals an Kasten-, wohl aber dann und wann an Gitterplatten Verbleiung wahrnehmen können. Hielt er eine solche Platte gegen das Licht, so sah er wie durch ein Sieb, da die Masse sich vom Gitter getrennt hatte und also die Masseblöckchen lose im Gitter lagen (Abb. 12).

Vielfach wird die Masse zum Zwecke der Untersuchung mit dem Messer durchschnitten. Falls sich dabei eine glänzende, wie reines Blei aussehende Schnittfläche bildet, so wird behauptet, die Masse sei verbleit. Dies ist jedoch nicht der Fall; denn durch das Schneiden sind die feinen Masseteilchen, die ja selbstverständlich aus Blei bestehen, nur an der Schnittstelle zusammengepreßt und poliert worden, so daß es allerdings den Anschein hat, als habe man ein Stück reines Blei

vor sich. Einzig zuverlassig ist eben nur das Zerreiben der Masse zwischen den Fingern.

b) Mechanische Untersuchung einer **positiven** Platte.

Um eine Positive auf mechanischem Wege zu untersuchen, muß sie gleichfalls in geladenem Zustande dem Element entnommen werden. Man steckt ein spitzes Messer zwischen die Rippchen und dreht es dann ein wenig. Ist hierbei ein knirschendes oder kreischendes Geräusch wahrzunehmen, so ist die Platte sulfatiert

In der Regel fuhlt sich auch die Oberflache hart und sandig an.

An die mechanische Untersuchung schließt man eine eingehende Besichtigung der Probeplatten an. — Es soll nun gezeigt werden, welche Schlusse sich aus dem Aussehen der Platten auf ihren Zustand und ihre Behandlung im Betriebe ziehen lassen.

Plattenkritik.

a) **Positive** Platten.

Gut. Die Platten sehen nach vollstandiger Aufladung blauschwarz bis dunkelbraun (schokoladenfarbig) aus und fuhlen sich weich an, wenn man die Oberfläche mit dem Finger uberstreicht.

Ursachen Normale Ladung, nicht zu starke Beanspruchung, reine Saure, gute Wartung

Sulfatiert. a) Die Platte sieht hellbraun aus Bei starker Sulfatation sind weiße Flecke vorhanden, die von kristallisiertem Bleisulfat herruhren

Ursache Zu geringe Ladung und unzulassig tiefe Entladung.

b) Die Platte sieht zwar dunkelbraun aus, fuhlt sich aber hart und sandig an.

Ursache Zu geringe Beanspruchung

Gewachsen. Solche Platten haben großere Lange und Breite als die negativen derselben Zelle (Letztere andern niemals ihre Dimensionen)

Ursache Starke Beanspruchung bei Entladung, Verunreinigung der Saure durch Salpeter- oder Essigsaure

Unten stark formiert (zerfressen). Diese Erscheinung tritt besonders bei Platten von großer Lange auf.

Ursache· Die Ladung ist meist nicht bis zur lebhaften Gasentwicklung an beiden Plattensorten ausgedehnt worden. Infolgedessen ist die in der untern Halfte der Zellen befindliche dichtere Saure nicht mit der anderen dunneren Saure genügend gemischt worden. Es traten infolge der verschiedenen Säuredichte starke Ausgleichsströme auf, durch welche die untere Plattenhälfte ent-, die obere dagegen geladen wurde.

Durch Kurzschluß verdorben. Derartige Platten sind meist stark gekrümmt, haben scharfe, gekrummte und sehr dunne Rippen sowie vielfach auch Locher an den Stellen, wo sich der Kurzschluß befindet; sind meist stark sulfatiert und nach Länge und Breite gewachsen; sehen häufig gelbbraun aus oder haben einen weißen Niederschlag.

Ursachen: Sehr tiefe Entladung; unaufmerksame Wartung.

Durch Chlorgehalt der Säure verdorben. Die Platten riechen nach Chlor, sehen gelblich bis rötlich aus und sind stark formiert

Ursachen: Verunreinigung des Fullbottichs; von der Decke fallendes Tropfwasser; unreines Fabrikat der Säurefabrik; Staub; Platten sind beim Überseetransport mit Meerwasser in Beruhrung gekommen.

Durch Eisengehalt der Säure verdorben. Die Platten fuhlen sich hart an; sehen rot aus; ihre Rippen sind sehr dunn oder zerfressen.

Ursachen: Von der Decke fallendes eisenhaltiges Tropfwasser, Flugsand; Staub; vielleicht auch unreines Fabrikat der Saurefabrik oder Verunreinigung des Fullbottichs

Durch Essig- oder Salpetersäuregehalt der Saure verdorben. Die Platten haben eine schone schwarze Farbe, sind sehr stark gewachsen, haben sehr stark gekrummte, dabei sehr angegriffene bruchige Rippchen

Ursachen Alkohol-, resp Salpetersauredampfe oder Verunreinigung der Fullsaure

Am Säurespiegel zerfressene Fahnen.

Ursachen. Salzsäure- oder Chlordampfe sind in den Batterieraum gelangt

b) **Negative** Platten

Gut. Die Masse sieht selbst bei solchen Platten, die schon viele Jahre gearbeitet haben, nach vollstandiger Auf-

ladung hellgrau aus. Die Masseblöckchen der Gitterplatten liegen dicht am Gitter an, so daß man nicht durch die Platte hindurchsehen kann — Bei Kastenplatten füllt die Masse die Felder vollständig aus und liegt dicht am perforierten Blech an.

Ursachen: Sehr reine Materialien; geeignete inerte, die Masse porös haltende Stoffe, Quellstoffe in der Masse; Holzbrettchen, welche die nötigen Quellstoffe enthalten; normale Ladung; nicht zu starke Beanspruchung, gute Wartung.

Bleischwamm auf dem Rücken. Die Bleisuperoxydteilchen, die von den Positiven bei Überladung infolge sehr starker Gasentwicklung abgerissen werden, schwimmen nach den Negativen, setzen sich auf deren Rücken fest und verwandeln sich in grau aussehenden Bleischwamm.

Ursachen: Unaufmerksame Bedienung der Batterie; bei Dreileiterbatterien auch Unmöglichkeit der Nachladung jeder Seite.

Gekrümmt.

Ursachen: Umladung; seitliche Pressung durch stark gekrümmte Positive.

Masse geschrumpft. Die Massekuchen der Kastenplatten füllen die Felder bei weitem nicht aus und sind in geladenem Zustande hart — Bei Gitterplatten liegen die Masseblöckchen lose im Gitter und fallen heraus, so daß man überall durch die Masse hindurchsehen kann — Massekuchen und Masseblöckchen zeigen häufig tiefgehende Risse

Ursachen: Die Holzbretter liefern infolge hohen Alters keine Quellstoffe mehr, oder — bei Fehlen der Bretter — die Masse enthält keine Quellmittel, wohl aber ungeeignete inerte Substanz; sehr starke Beanspruchung in Verbindung mit hohen Ladeströmen oder Überladung bei ständiger Gasentwicklung.

Masse ausgelaufen und sulfatiert. Ist die Masse ausgelaufen, so fühlt sich die zurückgebliebene, infolge teilweiser Bildung von Bleisulfatkristallen, an manchen Stellen sandig an. Das Gitter oder das perforierte Bleiblech sehen häufig infolge positiver Formierung (Umladung) braun aus, und letzteres baucht sich infolge Volumenvergrößerung oft aus.

Ursache: Starke Sulfatierung infolge zu tiefer Entladung bei zu warmer Säure, starker Abkühlung der Säure, Kurzschlusses, Umladung, Ladung bei Parallelbetrieb, Säureverunreinigung, Einfüllens von konzentrierter Säure, Nachfüllens von Säure statt Wasser.

Das Sulfat treibt infolge seiner erheblichen Volumenvergrößerung die Masse aus.

In sieben der erwähnten Fälle ist die Sulfatbildung durch vorschriftswidrige Wartung verursacht.

Masse verbleit. Die Masse ist ein festes Stück Blei geworden, das sich biegen und zerbrechen, aber nicht zwischen den Fingern zerreiben läßt.

Ursache: Alter; bei Gitterplatten auch das Fehlen von Quellmitteln in der Masse; ungeeignete inerte Substanz

Man erkennt hieraus, daß es möglich ist, eine falsche Behandlung der Batterie durch das Aussehen der Platten nachzuweisen.

10. durch Säure- und Wasseruntersuchung.

Zeigen sich in einer Batterie, während sie sich im Ruhezustande befindet, Nachkocherscheinungen, oder läßt das Aussehen der untersuchten Platten auf Verunreinigung der Säure schließen, so muß stets in erster Linie eine Untersuchung der in den Ballons befindlichen Nachfüllflüssigkeit und dann, soweit es mit einfachen Hilfsmitteln möglich, der in den Elementen befindlichen Säure auf die Art der Verunreinigung vorgenommen werden

Säure, die aus einer von den Akkumulatorenfabriken empfohlenen chemischen Fabrik bezogen wird, ist äußerst selten verunreinigt, und dann meist durch

Chlor, Salpetersäure, Ammoniak, Arsen, Eisen, Kupfer.

In Säure, die Elementen entnommen wird, findet sich am häufigsten:

Chlor, Essigsäure, Antimon, Eisen, Kupfer.

Destilliertes Wasser zeigt ungemein selten Verunreinigungen und dann durch:

Chlor, Eisen oder organische Substanz (Kohlenstoffverbindungen)

Alle Chemikalien müssen natürlich absolut rein sein!

Vorschriften uber qualitative Prufung von Säure und destilliertem Wasser.

Reagenzglaser, Glasröhren, Flaschen, Gummischlauche usw. sind vor dem Gebrauche mit destilliertem Wasser mehrmals gründlich zu spulen Sehr saubere Hande sind natürlich unerlaßlich.

Beim Kochen einer Flussigkeit muß man das Reagenzrohr schief halten und standig bewegen, damit sie nicht herausspritzt.

Einer Anzahl Ballons entnimmt man mittels einer Glasröhre, die man oben mit dem Daumen verschließt, etwas Saure oder destilliertes Wasser; will man Saure aus Elementen prüfen, so hat die Entnahme in gleicher Weise, aber aus sämtlichen verdachtigen Zellen, zu geschehen Die einzelnen Proben sammelt man in einer Flasche, aus welcher dann die Fullung der einzelnen Reagenzglaschen erfolgt.

Naturlich können Saure und destilliertes Wasser gleichzeitig mehrere schädliche Stoffe enthalten. Es sind deshalb bei einer qualitativen Prufung eine ganze Reihe Gläschen mit Probesäure oder destilliertem Wasser zu fullen und dann je 2 oder 3 hiervon auf Chlor, auf Eisen usw. nach den im folgenden angegebenen Methoden zu untersuchen. Nach einer Probe sind gebrauchte Zinkstuckchen zu beseitigen.

A) Säure-Untersuchung.

a) auf **Chlor**, welches zerfressend auf die positiven Platten wirkt	Mehrere Reagenzglaser werden zu $^1/_3$ mit der zu untersuchenden Saure, zu $^2/_3$ mit destilliertem Wasser gefullt, der Inhalt gekocht, einige Tropfen Salpetersaure und zuletzt Hollenstein zugesetzt Hierauf halt man die Probe gegen einen dunkeln Hintergrund Ist unzulassig viel Chlor vorhanden, so zeigt sich ein weißer, milchiger Niederschlag Nur fur **neue**, noch nicht in Elementen gebrauchte Saure anwendbar Saure aus Akkumulatoren laßt man am besten auf Chlor im Laboratorium der Akkumulatorenfabrik untersuchen, da hierzu ein teurer Platintiegel erforderlich ist Die Untersuchungsmethode ist zu finden Zentralblatt fur Akkumulatorentechnik und verwandte Gebiete 1906, S 114.

b) auf **Eisen,** welches beide Plattensorten entladt und den Wirkungsgrad verschlechtert Die Proben sind den Elementen im **entladenen** Zustande zu entnehmen	In mehreren Reagenzglasern werden die Säureproben mit Permanganatlosung rosa gefarbt, worauf man einige Tropfen Rhodankalium zusetzt Erscheint die Mischung kirschrot, so ist der Eisengehalt eben noch zulassig Unzulässig viel Eisen macht die Probe undurchsichtig
c) auf **organische Substanz,** welche das Bleigerust der positiven Platten zerfrißt Die Proben sind den Elementen im **entladenen** Zustande zu entnehmen.	In mehreren Reagenzglasern laßt man die Probesäure mit Hilfe des Bunsenbrenners eindampfen, bis weiße Schwefelsäuredämpfe entstehen. Ist die nunmehr konzentrierte Säure dunkelbraun bis schwarz (verkohlt), so läßt dies auf organische Substanz schließen.
d) auf **Nachkochmetalle,** wie Kupfer, Silber, Arsen, Platin, Antimon usw, die eine starke Selbstentladung der Negativen hervorrufen und den Wirkungsgrad verschlechtern.	Man lasse in mehrere Reagenzgläser, die mit Probesäure gefullt sind, je 2 oder 3 chemisch reine Zinkstuckchen mittels eines Holzspanchens aus der Aufbewahrungsvorrichtung fallen (Auf keinen Fall fasse man die Zinkstuckchen mit den Fingern an) Findet in allen Gläschen nach ca 10 Min eine andauernde Gasbildung statt, so enthalt die Saure Spuren von Nachkochmetallen Zeigt jedoch ein Glaschen keine Gasentwicklung, so ist die Saure frei von Nachkochmetallen Bei Akkumulatorensaure ist diese qualitative Untersuchung uberflussig, da die im Ruhezustande der Batterie aufsteigenden Gasblasen das Vorhandensein von Nachkochmetallen verraten
e) auf **Salpetersaure,** die stark formierend auf die Positiven wirkt und Selbstentladung der Positiven und Nagativen sowie eine Verschlechterung des Wirkungsgrades hervorruft	Die bequemste Prufung auf Salpetersaure ist mittels Brucin Man lost Brucin (eines der scharfsten Pflanzengifte) in konzentrierter Schwefelsaure und setzt von dieser Losung der in ein Reagenzglaschen oder in Porzellanschalchen gegebenen Saureprobe einige Tropfen zu Ist Salpetersaure auch nur in Spuren in der Saure enthalten, so wird die Losung rotlich, wobei besonders der am Glas emporgezogene Rand der Saure zu beobachten ist[1])

[1]) Handb d Elektrotechnik, Bd 3 Dr E Sieg, „Die Akkumulatoren," S 39

f) auf **Ammoniak**, das formierend auf die Positiven wirkt und Selbstentladung der Positiven und Negativen sowie eine Verschlechterung des Wirkungsgrades hervorruft.	Der in mehreren Reagenzglaschen befindlichen Probesaure ist Lackmuspapier beizufugen und dann so lange Natronlauge zuzusetzen, bis das Papier blau ist Ergibt sich jetzt nach Hinzufugen von einigen Kubikzentimetern Neßlers Reagens ein brauner, flockiger Niederschlag, so ist Ammoniak vorhanden
g) auf **Essigsaure**, die zerfressend auf die Positiven wirkt	Um auf Essigsäure zu prufen, bedient man sich der Bildungsweise von Essigäther und der Kakodylreaktion Essighaltige Akkumulatorensaure wird zur Hälfte abdestilliert (Abb 72), einen Teil des Destillats versetzt man mit einer Losung von absolutem Alkohol in konzentrierter Schwefelsaure,

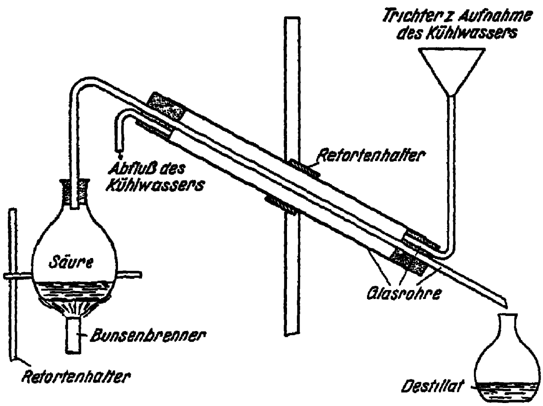


Abb. 72

nach längerem Stehen und beim Erwarmen tritt der Geruch nach Essigäther deutlich hervor Ein anderer Teil des Destillats wird mit reiner Soda abgesattigt, eingedampft und der Trockenruckstand mit wenig arseniger Säure in einem Reagenzrohr erhitzt Alsbald macht sich der abscheuliche Geruch des Kakodyloxydes bemerkbar[1])

[1]) Entnommen einer Originalarbeit des Herrn Dr. Schmidt-Altweg im Zentralblatt fur Akkumulatoren-Technik und verwandte Gebiete 1906, S 116.

B) Wasser-Untersuchung.

h) auf **Chlor.**	Untersuchung wie unter a
i) auf **Eisen.**	Untersuchung wie unter b, es ist aber chemisch reine Schwefelsaure zuzusetzen
k) auf **organische Substanz.**	Wie unter c, es sind aber einige Tropfen konzentrierter Schwefelsaure zuzusetzen

Auch aus dem **Aussehen der Säure** in den Elementen lassen sich mancherlei wertvolle Schlüsse ziehen. Deshalb sollen auch hieruber im folgenden einige Angaben gemacht werden.

Braune Saure. Ist eine Folge starker Überladung. Während der heftigen Gasentwicklung sind Bleisuperoxydteilchen losgerissen worden, die in der Saure herumschwimmen und sie braun färben. Beim Vorhandensein brauner Saure leiden die Positiven.

Schwarze Saure Die ziemlich seltene Schwarzfarbung der Säure kommt manchmal bei neuen Batterien in einem einzelnen Element wahrend der ersten Ladungen vor, wenn ein Teil des Rußes aus den Platten in die Saure geht Schadet nichts.

Violette Säure Die Glatte der negativen Platten enthalt Spuren von Mangan, die sich beim Arbeiten des Sammlers herauslösen und bei Ladung zu Mangan-Superoxyd oxydiert werden Bei Entladung tritt wieder Entfarbung durch Desoxydation ein Die Farbung der Saure ist unbedenklich, wenn sie nicht gerade sehr kraftig auftritt, denn schon Spuren von Mangan machen sich infolge der sehr starken Farbkraft des Permanganats deutlich bemerkbar

Saurespiegel schmutzig-grau. Deutet nach den Beobachtungen des Verf auf schon lange bestehenden Kurzschluß Nachlassige Wartung

III. Kapitel.

Beseitigung einer Krankheit des Akkumulators.

A.

Mittel, die im Interesse der Haltbarkeit der Batterie vom Besitzer angewandt werden müssen.

1. Entfernung der Kurzschlüsse einzelner Zellen.

Hat man mittels des in Kap. II, Abschn. 5, angegebenen Verfahrens die Stelle des Kurzschlusses gefunden, und entsprechen seine Ursachen den durch die Abb. 44 bis 46, 49 bis 55 und 61 erläuterten, so ist es ohne weiteres klar, wie man ein solches Element schlußfrei macht. Darum soll nur für einige schwierigere Fälle eine kurze Beschreibung des Beseitigungsverfahrens gegeben werden.

Entdeckt man mit Hilfe der Untersäurelampe (Abb. 56) eine Überbrückung der Platten durch einen Fremdkörper (Abb. 62), so entfernt man diesen gewöhnlich leicht durch ein Holzlineal, das etwa 2 cm breit und dessen Dicke gleich der Hälfte des Plattenabstandes ist.

Hat aber eine negative Platte eine Art Auswuchs, der so fest sitzt, daß er mit dem Lineal nicht wegzubringen ist, dann bewährt sich ein 2 cm breiter Glasstreifen. Mit ihm schabt man die Erhöhung ab, worauf man wieder die Glasrohre zwischen die Platten steckt.

Ist eine + Platte an der oberen Kante so stark verbogen, daß sie die Negative bei k und k_1 berührt (Abb. 47), so gelingt es meist durch vorsichtiges Zurückbiegen des gekrümmten Plattenrückens und der gekrümmten Fahne mit Hilfe einer

Flachzange und sofortiges Zwischenstecken eines oder mehrerer Glasrohre, den Kurzschluß zu beseitigen.

Hat man festgestellt, daß oben ein Brettchen von einer stark gekrümmten Positiven durchgedrückt ist (Abb. 47), so setzt man ein neues mit wagrechter Holzfaser ein und neben dieses, an die Kurzschlußstelle, ein zweites Brettchen mit senkrechter Faser, das nur 8 bis 10 cm lang zu sein braucht. Dann ist ein nochmaliges Durchdrücken so gut wie ausgeschlossen, da die scharfe Kante des Rückens der Positiven gegen ein Doppelbrett mit sich kreuzenden Fasern stößt.

Ergibt sich unten (Abb. 58) oder in der Mitte (Abb. 59) eine unmittelbare Berührung zweier Platten infolge starker Krümmung, so versucht man zunächst, je nach der Art des Einbaues, durch Dazwischenschieben dünner, unbeschädigter Glasrohre (Zwischenglasrohre), die mit dem zugespitzten Ende einzuführen sind, oder durch ein neues Holzbrettchen mit übergeschobenen Stäben die Platten zu trennen.

Sollte dies nicht gelingen, dann schneidet man am besten die stark gekrümmte Platte heraus und ersetzt sie durch eine gut geladene Platte aus einem solchen Zellenschalterelement, das in der Nähe der Stammbatterie liegt, das zwar stets mitgeladen, aber doch nicht ganz so stark wie die Stammzellen entladen wird (Abb. 29). Nun richtet man die gekrümmte Positive zwischen zwei Brettern, die man zuvor glatt gehobelt hat, und schneidet ein Stück ab, falls sie zu lang sein sollte. Dann setzt man sie in das Zellenschalterelement ein, dem man die Ersatzplatte entnommen hatte.

Sind in einer unter Kurzschluß stehenden Zelle die Platten so stark nach der Seite gewachsen, daß sie sich um die Glasrohre oder Holzstäbe herumgebogen haben (Abb. 60) oder sich schon an die Stützscheiben anpressen, so ist es am richtigsten, sämtliche Positive des betreffenden Elements zu entfernen, damit nicht auch noch die Negativen verdorben werden, und sie durch neue zu ersetzen. Wollte man sie durch Abschneiden schmaler machen, so würden sie zerfallen.

Damit aber die Batterie im Betriebe auch in der Zeit, die bis zum Ersatze der herausgenommenen Positiven vergeht, weiter benutzt werden kann, muß die betreffende Zelle überbrückt werden.

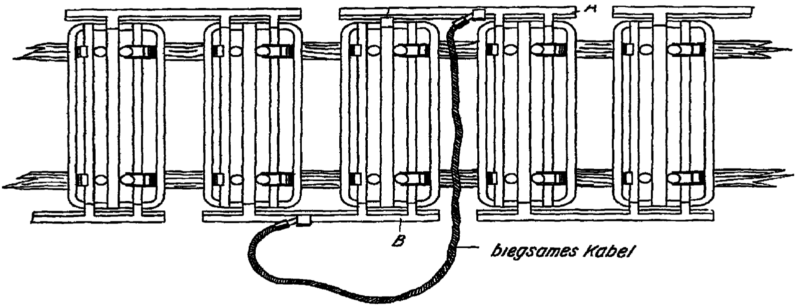


Abb 73.

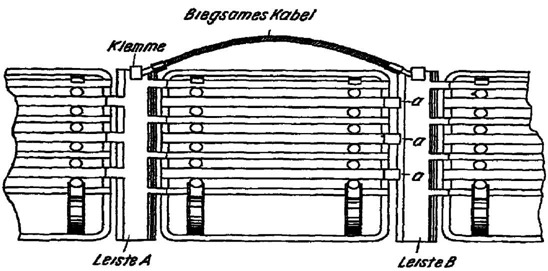


Abb 74

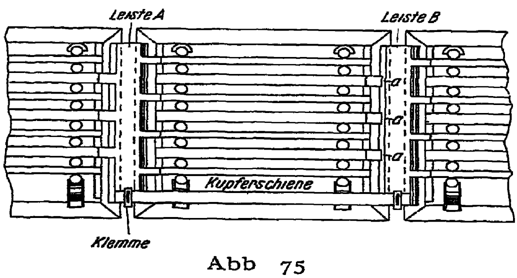


Abb 75

von der Leiste bei *a* ab und verbindet bei k l e i n e n Zellen die Leisten *A* und *B* durch ein genugend starkes, biegsames Kabel (Abb. 73 und 74), bei g r o ß e n durch eine Kupferschiene (Abb. 75), die man an die blank geschabten Leisten *A* und *B* mit Hilfe der Klemme (Abb. 70) befestigt, worauf die Batterie wieder aufs Netz geschaltet wird

Ist aber die Trennung der Batterie vom Netz nicht moglich, so muß man die Überbruckung bei g e r i n g e r Belastung vornehmen. Ist z. B der höchste Entladestrom dreistundig 1000 Amp, so durfte die Zelle ca. 28 positive Platten besitzen. Der hochste Entlade-

strom, den sie vertragt, ist der einstundige, der sich mit Hilfe der Abb. 19 wie folgt berechnen läßt.

Kapazitätsfaktor 0,685; dreistündige Kapazität 3000 Ah; demnach die einstundige Kapazität ca. 3000 · 0,685 = 2070 Ah. Folglich ist auch der einstündige Entladestrom 2070 Amp. Eine positive Platte des betreffenden Elements verträgt also maximal eine Strombelastung von $\frac{2070}{28} = 74$ Amp. Ist nun der Betriebsstrom der Batterie z B auf 200 Amp. gesunken, so schneidet man alle positiven Platten bis auf drei heraus (3 · 74 = 222 Amp.) und nimmt dann möglichst schnell die Überbruckung vor Ein bedenklicher Kurzschlußstrom kann jetzt nicht mehr auftreten, da die Zahl der Plattenpaare stark verringert ist Nach Herstellung der Überbruckung werden sofort auch die letzten drei positiven Platten entfernt.

Hat man durch äußere und innere Besichtigung einer Zelle, die unter Kurzschluß steht, nicht die Ursache desselben entdecken konnen, ist aber durch Schlammessung festgestellt worden, daß der Bodensatz bis an die Platten heranreicht, so stehen hochstwahrscheinlich beide Plattensorten im Schlamm.

Ist er hart, so mussen nach Überbruckung der Zelle sämtliche Platten ausgebaut werden, damit man ihn entfernen kann. Hat der Kurzschluß schon längere Zeit bestanden, so sind die Platten in der Regel unbrauchbar geworden und mussen durch neue ersetzt werden.

Ist der Schlamm aber noch lose, so empfiehlt es sich, ihn sofort mit Schlammloffel oder Pumpe zu entfernen. (Siehe Kap III, Abschn B 1)

Falls bei einem Elemente die Gasentwicklung spater auftritt als bei den ubrigen, so sind in der Regel mehrere Nebenschlusse mit ziemlich hohem Widerstande vorhanden. Der Kompaß schlagt zwar aus, aber das Maximum ist so lang andauernd, daß man versucht sein konnte, samtliche Bretter aus der Zelle zu nehmen In einem solchen Falle schafft man haufig dadurch Abhilfe, daß man die Bretter ein wenig anhebt, wodurch die feinen Nebenschlusse jedenfalls zerstort werden Manchmal hilft auch eine starke Nachladung derartiger Zellen, weil der Ladestrom die Nebenschlusse wahrscheinlich ausbrennt

2. Nachladung zurückgebliebener Zellen.

Ist aus einer Zelle der Kurzschluß entfernt worden, so bedarf ein solches Element meist einer sehr gründlichen Nachladung.

Vielfach wird diese nicht ausgeführt, da die betreffende Zelle bei der nächsten Ladung schon wieder lebhaft gast. Steht aber die Säuredichte noch sehr tief, so ist das betreffende Element trotz guter Gasentwicklung nicht geladen. Die Gasblasen können dann in die harten Plattenoberflächen der Positiven nicht eindringen, um das Bleisulfat in Bleisuperoxyd zu verwandeln; sie steigen deshalb einfach in die Höhe, wodurch der Anschein erweckt wird, als sei das Element völlig aufgeladen.

Es ist deshalb erforderlich, sofort nach Entfernung des Kurzschlusses die Säuredichte in der betreffenden Zelle zu messen und die Messung zu wiederholen, sobald eine Aufladung stattgefunden hat.

Ist die Säuredichte stark gestiegen, so hat der Kurzschluß nur sehr kurze Zeit bestanden und eine Verhärtung der Plattenoberfläche ist nicht eingetreten. Dann wird sich das Element ganz allein nach einigen Ladungen erholen und die richtige Säuredichte zeigen, besonders wenn einigemal etwas reichlich ge- und nicht zu stark entladen wird.

Ist aber die Säuredichte des fraglichen Elements nach der ersten stärkeren Ladung nur ganz unerheblich gestiegen, so ist es zunächst am besten, dasselbe nochmals mittels Kompasses auf Kurzschluß zu untersuchen. Kann keine leitende Verbindung zwischen irgendeinem Plattenpaare gefunden werden, so ist nunmehr die betreffende Zelle gesondert nachzuladen, da mehrere aufeinanderfolgende Überladungen der gesamten Batterie deren positive Platten schädigen würden.

Nachladungen einzelner Zellen sind bei Betriebsleitungen und Maschinenmeistern nicht gerade beliebt, da man sich meist über eine zweckmäßige Ausführung nicht im klaren ist, ja wohl gar eine derartige Nachladung für unmöglich hält. Da es aber ungemein wichtig ist, daß Nachladungen rechtzeitig und mit den einfachsten Mitteln ausgeführt werden,

um kostspielige Reparaturen zu vermeiden, so sollen

die Nachlademöglichkeiten

eingehend besprochen werden.

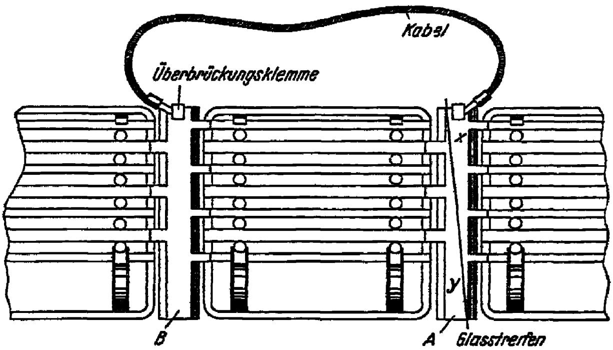


Abb 76.

a) Die Nachladung von Elementen durch **Einschalten bei Ladung** und **Ausschalten bei Entladung.**

Soll z B. die Zelle Nr 2 (Abb. 76) nachgeladen werden, so durchschneidet man nach Ausschaltung der Batterie die Leiste A mit einer dünnen Stichsäge der Länge nach, wie Abbildung zeigt. Die Schnittflächen trennt man am besten durch einen Glasstreifen. (Preßspan ist nicht zu empfehlen, da derselbe während der Ladung die Feuchtigkeit der Luft einsaugt und deshalb fähig wird, den Strom zu leiten, wodurch Kurzschluß der Zelle Nr 2 herbeigeführt werden könnte) An die halben Leisten *x* und *y* lötet man zweckmäßig bei Holzkastenbatterien, die hohe Stromstärken abgeben, Flachkupferstücke von der Form *k* mit Zinn an (Abb 77) und versieht sie mit einer kräftigen Mutter zur Aufnahme der Kabelstücke Letztere müssen natürlich einen solchen Querschnitt haben, daß sie die Ladestromstärke vertragen, sie sind außerdem stets in mehreren Exemplaren vorrätig zu halten — Bei Glasbatterien und Holzkastenbatterien mit geringer Lade- und Entladestromstärke verwendet man zweckmäßig die von der Ak-

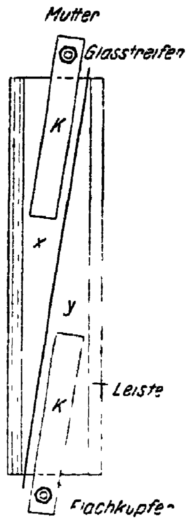


Abb 77

kumulatorenfabrik mitgelieferten Überbruckungsklemmen (Abb 70).

Handelt es sich um Glasbatterien mit Seitenlotung und soll hier z B Zelle Nr 4 nachgeladen werden, so schneidet man Leiste *A* bei *s* durch (Abb. 78).

Man verbindet nun bei Ladung *x* und *y*, wodurch die Nachladung der Zelle Nr. 2 (Abb 76) resp Nr 4 (Abb 78) erreicht wird Wird nun die Batterie aufs Netz entladen, so schaltet man die betreffende Zelle ganzlich aus; dies ist in Abb 76 und 78 dargestellt. Auf diese Art wird das kranke Element zwar ge-, aber nicht entladen Es ist demnach eine starke Ladung der betreffenden Zelle moglich, ohne daß die Stammbatterie in Mitleidenschaft gezogen wird.

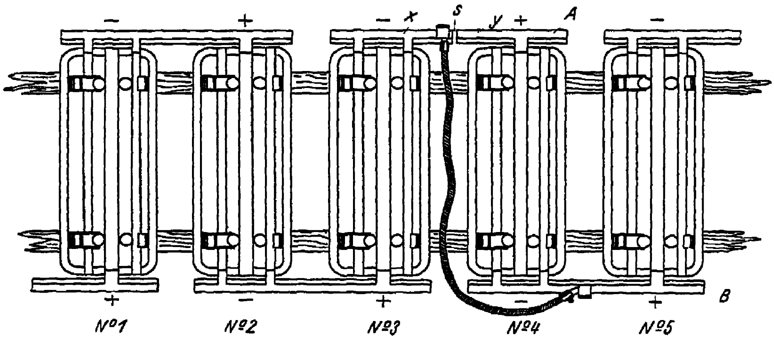


Abb 78

Glaubt man auf Grund des Saurestandes und der Gasentwicklung annehmen zu durfen, daß die betreffende Zelle genugend geladen ist, so schaltet man sie zunachst einmal versuchsweise bei Entladung der gesamten Batterie durch Verbindung der Klemme *x* mit *y* ein und stellt dann bei Ladung durch Beobachtung fest, ob ihre Gasentwicklung zur selben Zeit wie bei den ubrigen Elementen und ebenso lebhaft auftritt.

Ist dies nicht der Fall, so empfiehlt es sich, die Zelle nochmals nach der beschriebenen Methode aufzuladen Hat man aber festgestellt, daß die nachgeladene Zelle ebenso gast wie die ubrigen, so entferne man Klemmen und Kabel und verlöte die Leiste *A* mittels Lotlampe und Pollaklotes, nachdem man die Schnittflächen genau aneinandergepaßt und

sorgfaltig blank geschabt hat. (Das Pollaklot liefert jede Akkumulatorenfabrik.)

b) Die Nachladung von Elementen durch **Einschalten bei Ladung** und **Gegenschalten bei Entladung.**

Vielfach kommt es darauf an, daß das Nachladen zuruckgebliebener Zellen sehr schnell vor sich geht, weil eine sehr

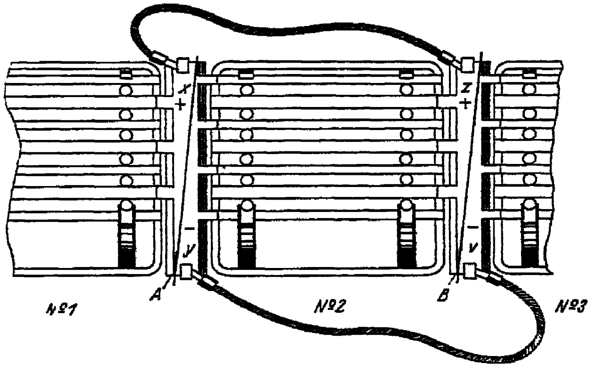


Abb 79

starke Batteriebelastung unmittelbar bevorsteht, so daß samtliche Zellen gebraucht werden. Dann kann man gegen-

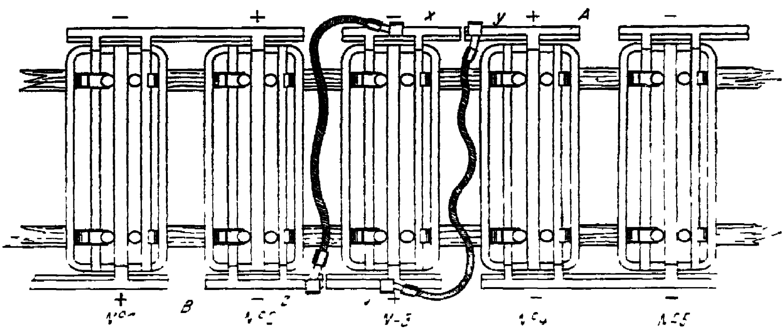


Abb 80

uber der in Abschnitt a) beschriebenen Methode die Nachladung ungefahr in der halben Zeit beenden, wenn man das nachzuladende Element Nr 2 (Abb 79) oder Nr 3 (Abb 80) bei Entladung nicht aus-, sondern gegenschaltet, so daß es auch bei Entladung der gesamten Batterie geladen wird

Man zerschneidet beide Leisten *A* und *B* und verbindet *x* mit *z* sowie *y* mit *v* Hierdurch fallt die Entladespannung

der Batterie nicht nur um die Spannung der nachzuladenden Zellen, sondern ungefahr um den doppelten Wert, weil ja bei Entladung der Batterie diese Elemente Gegenspannung entwickeln

c) Die Nachladung von **Zellenschalterelementen mit Hilfe des Doppelzellenschalters.**

Bereits an Hand der Schaltung Abb 31 war gezeigt worden, daß die Zellenschalterelemente zwischen Lade- und Entladehebel mehr Ladestrom erhalten als die Stammbatterie, falls ein Teil desselben durch den Entladehebel ins Netz gesandt

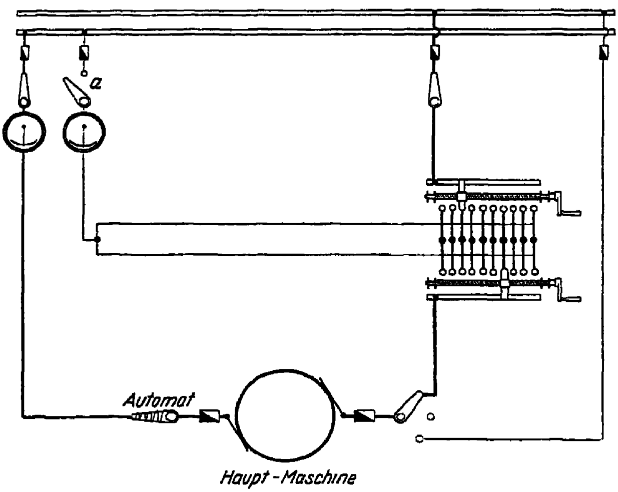


Abb 81.

wird. Dies kann man benutzen, um auf bequeme Weise zuruckgebliebene Zellenschalterelemente nachzuladen Bei solchen in der Nahe der Stammbatterie laßt sich dies bei genugender Netzbelastung unter Umstanden mit einer einzigen Ladung durchfuhren Bei den ersten Zellenschalterelementen dagegen wird man diese Nachladung mehrmals ausfuhren mussen, um die ubrigen nicht zu uberladen, man wird zweckmaßig diese Zellen so lange nicht zur Entladung heranziehen, bis sie ordentlich geladen sind

Man kann aber auch den Strom der Hauptmaschine durch die nachzuladenden Zellen ins Netz senden (Abb 81); es muß dann naturlich die Batterie durch Schalter *a* vom Netze

getrennt sein. Bei Dreileiteranlagen oder beim Vorhandensein einer Zusatzmaschine laßt sich das beschriebene Verfahren sinngemaß anwenden Auf diese Art werden sich besonders die ersten Schaltzellen schnell nachladen lassen.

Ist nur eine Batterie vorhanden, so wird man wahrend der Nachladung allein mit der Hauptmaschine die Netzspannung konstant halten mussen. Stehen aber zwei Batterien in Parallelschaltung zur Verfugung, von denen die vollstandig gesunde aufs Netz geschaltet wird, so macht die Nachladung nicht die mindesten Schwierigkeiten.

d) Die Nachladung von Elementen durch **Zusatz- oder Hauptmaschine.**

Es ist auch möglich, Stamm- oder Zellenschalterelemente nachzuladen, ohne daß man die Bleileisten zerschneidet, falls nur verschiedene genugend lange und starke biegsame Leitungen oder Kabel zur Verfugung stehen.

Am einfachsten und auch billig ist die Nachladung durch Zusatzmaschine, da sich die Spannung derselben von wenigen Volt ab stufenweise aufwarts regulieren laßt Mit ihrer Hilfe lassen sich ohne weiteres Zellen nachladen, wenn man die Maschine nach doppelpoliger Abschaltung vom Netze mit den Bleileisten des nachzuladenden Elements mittels flexibler Kabel oder Leitungen verbindet, naturlich unter Zwischenschaltung zweier Sicherungen, eines Amperemeters und eines doppelpoligen Ausschalters Vor der Zuschaltung vergleicht man die Spannung der nachzuladenden Zellen mit derjenigen der Maschine, die man ein klein wenig hoher einstellt, auch pruft man mittels Polreagenzpapiers oder Voltmeters, ob die Anschlusse richtig ausgefuhrt sind Hierauf wird der Ausschalter geschlossen und der Strom mit Hilfe des Nebenschlußreglers der Zusatzmaschine auf die richtige Hohe gebracht

Ist keine Zusatzmaschine vorhanden, so kann man die direkte Ladung nachgebliebener Elemente auch mit Hilfe einer Hauptmaschine ausfuhren Ist sie z B fur 500 Amp eingerichtet, und kann der Akkumulator mit 1500 Amp geladen werden, so sichert man doppelpolig mit 500 Amp , kann aber die Maschine z B 2000 Amp liefern, und vertragen die Elemente nur 700, so ist mit dieser letzten Stromstarke

zu sichern. Wird dies sorgfaltig beobachtet, so kann nicht das geringste passieren!

Die erforderliche sehr niedrige Spannung stellt man dadurch her, daß man in das Feld der Maschine, mit dem Regler in Hintereinanderschaltung, noch einige parallel geschaltete Gluhlampen einfugt Hierdurch läßt sich der Magnetisierungsstrom außerordentlich schwächen, wodurch naturgemaß die Klemmenspannung der Maschine beträchtlich fallt. Die Maschine ist selbstverstandlich gleichfalls doppelpolig vom Netze zu trennen und durch Kabel usw. genau, wie vorher beschrieben, mit den nachzuladenden Zellen zu verbinden. Bevor man sie jedoch mit den Elementen zusammenschaltet, probiert man erst aus, welchen Einfluß das Zu- und Abschalten von Glühlampen auf ihre Klemmenspannung ausubt. Da namlich die Feldstarke so außerordentlich gering ist, so bewirkt jede geringe Steigerung des Magnetisierungsstromes schon ein betrachtliches Anwachsen des magnetischen Feldes und damit der Klemmenspannung. Man muß daher die Schaltung der Glühlampen so einrichten, daß bei Zuschalten von 1 oder 2 Lampen sich die Spannung nicht rapid andert, sondern hochstens um 8 bis 10 Volt Durch Vertauschen der Gluhlampen mit solchen von anderer Kerzenstarke hat man ein weiteres Mittel an der Hand, die Klemmenspannung zu erhöhen oder zu erniedrigen

Ist nun z B eine Zelle nachzuladen, die eine Ruhespannung von ca. 2,04 Volt laut Spannungsmesser habe, so stellt man die Spannung der Maschine auf etwa 4 bis 6 Volt ein und schließt dann den Schalter. Es wird dann Strom nach der Zelle fließen und am Kollektor der Maschine Funkenbildung auftreten Man verschiebt jetzt die Bursten im Sinne der Drehung so weit, bis kein Feuern mehr zu bemerken ist, und steigert den Strom evtl mit Hilfe einer der erwahnten Gluhlampen, indem man gleichzeitig die Bursten auf funkenfreie Stellung nachdreht

Das eben beschriebene Verfahren erfordert einige Uberlegung und sehr vorsichtiges Handeln, ist aber verhaltnismaßig billig, da die Maschine wahrend der Nachladung fast unbelastet lauft.

Ein wesentlich teureres, dafur aber einfacheres Verfahren,

das kein geubtes Personal erfordert, ist das, bei voller Spannung der Hauptmaschine mit Hilfe eines Wasserwiderstandes nachzuladen, welcher die uberschussige Spannung abdrosselt. Zu beachten ist hierbei, daß bei Beginn der Ladung nur reines Wasser im Fasse sein und der Strom ausschließlich durch vorsichtiges Zugießen von Säure reguliert werden darf Die Nachladung einiger Zellen kostet bei diesem Verfahren so viel als die Ladung der ganzen Batterie; es ist deshalb am

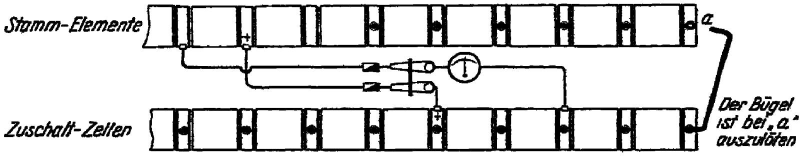


Abb. 82

wenigsten zu empfehlen. Die hohen Kosten werden durch den Verbrauch der vollen Spannung verursacht.

e) Die Nachladung einiger Elemente **mittels Wanderklemmen.**

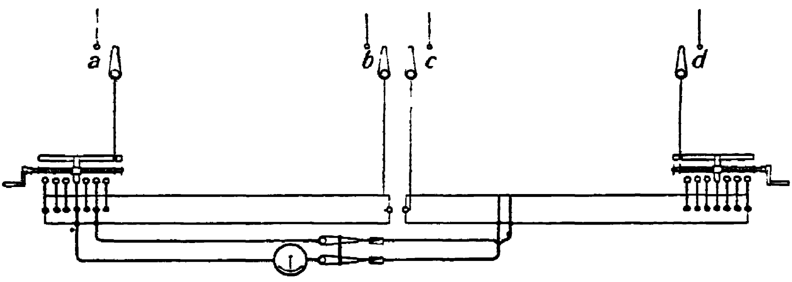


Abb 83

Man entladt, wie Abb 82 zeigt, einige wenig gebrauchte Zellenschalterelemente auf die nachzuladende Zelle Es ist stets ein Zuschaltelement mehr notig als nachzuladende Elemente vorhanden sind

Die Zellenschalterelemente entladt man nun nicht vollig, sondern unterbricht nach etwa einer Stunde den Strom und klemmt die Kabel oder biegsamen Leitungen an benachbarte Zellenschalterelemente, so daß letztere auch einmal teilweise entladen werden, ein Verfahren, das den Positiven dieser Zellen sehr dienlich ist. Diese Methode der Nachladung

ist sehr einfach und billig und nutzt den sonst wenig beanspruchten Zuschaltzellen, kann also sehr empfohlen werden. — Abb 83 zeigt das gleiche Verfahren bei Dreileiterbatterien; die Schalter *a*, *b*, *c*, *d* dürfen naturlich nicht geschlossen werden.

Nachladungen nehme man zunachst, wenn moglich, mit dem hochstzulassigen Strome vor. Sobald aber an den Positiven oder Negativen Gasentwicklung einsetzt, erniedrigt man den Strom auf $^1/_{10}$ des hochstzulassigen

Mit solch schwachem Strome laßt sich die Säuredichte viel schneller hochbringen als mit einem starken (Siehe nachsten Abschnitt)

3. Überladung zwecks Beseitigung des Sulfats im Innern der Masse.

Durch normale Ladung konnen große Bleisulfatkristalle, falls sie im Innern der Masse auftreten, nicht beseitigt werden

Der Grund ist folgender· Die meisten Bleisulfatkristalle haben ein wesentlich großeres Volumen als strukturlose Bleisulfatteilchen in äußerst feiner Verteilung Da aber mit zunehmendem Inhalt die Oberflache der Korper abnimmt, so haben verhaltnismaßig große Mengen kristallisierten Sulfats keine großere Oberflache als eine viel kleinere Quantitat strukturlosen schwefelsauren Bleies

Bei Ladung wird das von der vorangegangenen Entladung herruhrende strukturlose Sulfat sowie auch kristallisiertes beseitigt Obwohl nun noch viel von letzterem vorhanden ist, fullen sich die Poren vorzeitig mit Gas, da es eben aus obigen Grunden eine zu geringe Angriffsflache vorfindet Dann hort die Umwandlung des Bleisulfats zu Bleischwamm oder Superoxyd auf, und an den Platten setzt die sichtbare Gasentwicklung ein Sobald Negative wie Positive lebhaft gasen, schaltet das Personal den Ladestrom aus Ein Teil des kristallisierten Sulfats ist also immer noch im Innern der Masse vorhanden!

Wenn man dasselbe beseitigen will, so muß man dafur sorgen, daß sich die Poren nicht vorzeitig mit Gas fullen Dies wird erreicht

1 durch Überladung mit **äußerst schwachem** Strom;

2 durch Überladung mit beliebigem Strom unter Einschaltung von **Ruhepausen.**

Es ist ohne weiteres klar, daß bei Anwendung eines sehr kleinen Ladestromes in der Zeiteinheit nur sehr geringe Mengen Gas in den Poren entwickelt werden, so daß auch bei kleiner Oberfläche der noch bestehenden großen Sulfatmengen aller Sauer- und Wasserstoff völlig chemisch gebunden wird.

Die Batterie lädt man vor dem Aufbesserungsverfahren am besten wie gewöhnlich, schaltet dann den Strom 15 Minuten lang aus, damit das Gas die Poren verlassen kann, und fährt dann wieder mit schwachem Strom, ca $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ des höchstzulässigen, auf Ladung. Je nach der Höhe des Stromes und der Menge des Sulfats wird nach ca 3 bis 6 Stunden unter normalen Verhältnissen lebhafte Gasentwicklung an beiden Plattensorten einsetzen Dann ist das Sulfat an Positiven wie Negativen beseitigt; die Säuredichte ist gestiegen

Überladung unter Einschaltung von Ruhepausen wird in der Regel mit der Hälfte des höchstzulässigen Stromes ausgeführt. Nach gewöhnlicher Aufladung der Batterie schaltet man den Strom eine Stunde lang aus Nach Wiedereinschaltung dauert es in der Regel nicht lange, so fangen die Negativen infolge des hohen Stromes zu gasen an, wesentlich später auch die Positiven. Sobald dies der Fall ist, wird der Ladestrom wiederum eine Stunde lang ausgeschaltet, worauf abermals mit dem gleichen Strome wie vorher geladen wird Nach jeder weiteren Ruhepause gasen die Negativen beinahe sofort, die Positiven in immer kürzeren Zwischenräumen, weil dort das Sulfat immer mehr abnimmt Das Verfahren ist so lange fortzusetzen, bis beinahe sofort nach Einschalten des Stromes beide Plattensorten Gas entwickeln Abb 84 zeigt, wie nach jeder Ruhepause die Ladespannung immer schneller den Höchstwert erreicht Die Ruhepausenladung erfordert 6 bis 10 Stunden und wirkt nur stark auf die Positiven

Vergleicht man beide Methoden, so sieht man, daß die erste wesentlich vorteilhafter als die zweite ist, denn man bessert durch sie stets beide Plattensorten auf, kann das kleinste vorhandene Maschinenaggregat verwenden und erspart das öftere Zu- und Abschalten Ferner werden auch die

+ Platten geschont, da die mehrmalige Gasentwicklung fortfällt.

Neuerdings werden vielfach die beiden beschriebenen Methoden zwecks **Ladungserhaltung** vereint angewendet. Man lädt zunächst mit Ruhepausen, überzeugt sich, daß alle Zellen gleichmäßig gasen, um darauf mit äußerst schwachem Strom weiterzuladen. Dieser ist so einzustellen, daß bei einem spezifischen Gewicht der Säure von 1,2 die Spannung pro Zelle 2,15 Volt nicht überschreitet, resp. 2,1 Volt nicht unterschreitet. Die Ladestromstärke ist dann $\frac{1}{400}$ bis $\frac{1}{1000}$ des dreistündigen Entladestromes. Diese kleine Stromstärke erhält

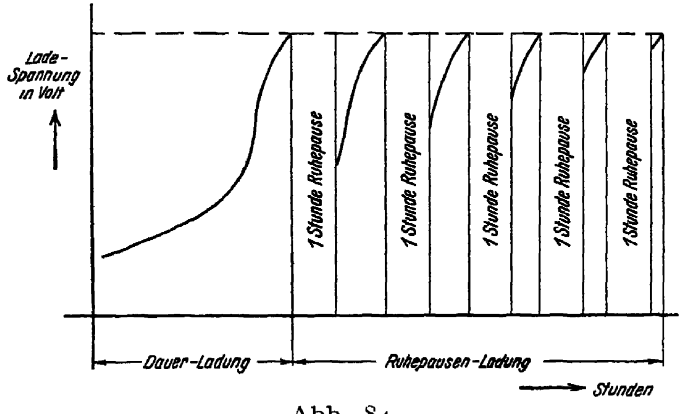


Abb 84

man, falls man der Batterie eine Glühlampe entsprechenden Wattverbrauchs vorschaltet. Diese Stärkungsladung wird so lange durchgeführt, bis die Säuredichte nicht mehr steigt.

4. Tiefe Entladung zwecks Beseitigung eines Sulfatüberzugs an den positiven Platten.

Durch einfache Ladung bis zum Eintritt der Gasentwicklung an beiden Plattensorten läßt sich eine dünne Sulfatschicht, welche die positiven Platten überzogen hat, nicht entfernen

Durch sehr lange, **ununterbrochene** Überladung mit Gasentwicklung kann sie zwar in besonders günstigen Fällen beseitigt werden, weil das heftig aufsteigende Gas

allmählich das Sulfat abreißt. Dies kostet aber viel Ladeenergie.

Ruhepausenladungen, die ja hauptsächlich nur Sulfat im Innern der Masse beseitigen, üben nur geringe Wirkung aus.

Nur durch ein- oder mehrmalige tiefe Entladung mit möglichst niedrigem Strome, z B dem zehnstündigen, bis zur zulässigen Spannungsgrenze läßt sich das erstrebte Ziel mit verhältnismäßig geringen Kosten erreichen; es wird nämlich durch die starke Volumenänderung der Masse die Sulfatschicht derart gelockert, daß sie durch die starke Gasentwicklung gegen Schluß der Ladung abblättert.

Mit der Masse ist aber auch eine Veränderung vorgegangen. Es hat nämlich das Sulfat, das bei tiefer Entladung mit schwachem Strome in großen Mengen entsteht, die Masse zum Quellen gebracht. Dieses größere Volumen hat sie auch noch am Schlusse der darauf folgenden Ladung, so daß sich also die Poren geweitet haben müssen. Die Säure kann infolgedessen sehr leicht ins Innere der Masse dringen und die Kapazität, die ja weit unter die garantierte gesunken ist, muß steigen

Schaltet man außerdem noch nach einer tiefen Entladung den Akkumulator doppelpolig vom Netze ab und überläßt ihn 10 bis 20 Stunden lang der Ruhe, so tritt eine Vermehrung des bereits vorhandenen Sulfats durch Selbstentladung zwischen Superoxyd und Sulfat oder Superoxyd und Bleiträger auf, die noch ein weiteres Quellen der Masse zur Folge hat, also ebenfalls günstig auf die Kapazität wirkt

Daß tatsächlich eine tiefe Entladung mit darauf folgender vielstündiger Ruhe in günstigem Sinne die Kapazität des Akkumulators beeinflußt, geht auch daraus hervor, daß eine Zelle, die kurze Zeit unter Kurzschluß gestanden hat und dann kräftig aufgeladen wird, unter Umständen mehr Kapazität besitzt als die übrigen Zellen derselben Batterie

Es empfiehlt sich, nach der tiefen Entladung zunächst in gewöhnlicher Weise bis zu kräftiger Gasentwicklung zu laden und dann eine Überladung mit schwachem Strom oder eine solche unter Einschaltung von Ruhepausen vorzunehmen

(siehe vorangehenden Abschnitt), um möglichst alles Sulfat auch im Innern der Platten zu beseitigen

Wird eine tiefe Entladung mit zehnstundigem Strome und sofort folgender gewohnlicher Ladung vorgenommen, so ist eine Zeit von 15 Stunden erforderlich. Wird aber nach der tiefen Entladung eine Ruhepause von 15 Stunden eingeschaltet und erfolgt dann z. B Ladung mit Ruhepausen, so sind ca. 38 Stunden zur Aufbesserung der Positiven notig.

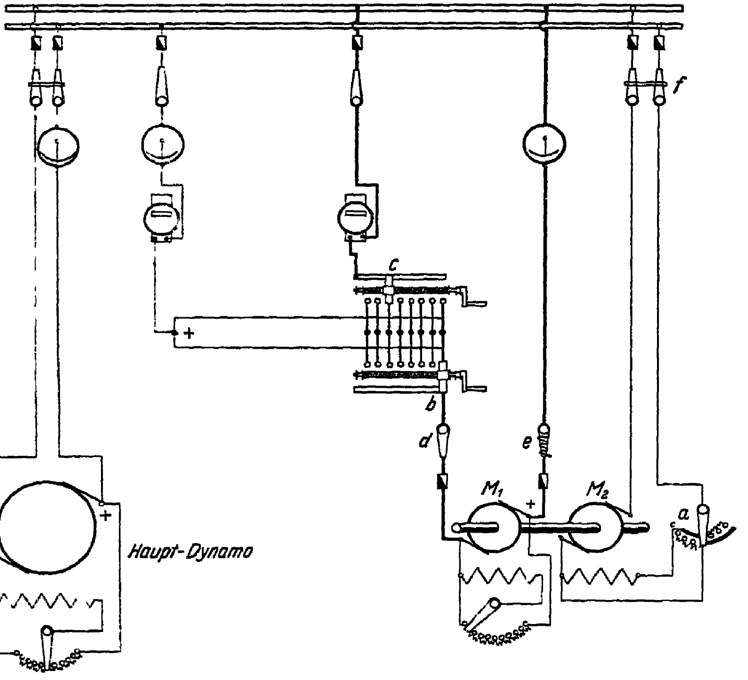


Abb 85

Man sieht hieraus, daß man es gar nicht bis zu einer schwer zu beseitigenden Sulfatbildung an der Oberflache der Positiven kommen lassen sollte, da eine Aufbesserung dieser Platten viel Zeit beansprucht und ohne Betriebsstorung kaum abgehen durfte

Ohne eine solche lassen sich nur die ersten Zuschaltzellen einer Lichtbatterie, in denen ja bekanntlich die Positiven stets verharten, tief entladen, falls ein Doppelzellenschalter und eine elektrisch angetriebene Zusatzmaschine

vorhanden sind. Es ist dann weder eine Schaltungsänderung nötig, noch werden die Stammzellen irgendwie in Mitleidenschaft gezogen. Man läßt die Zusatzmaschine M_1 (Abb. 85) einfach als Motor laufen, wobei sie ihren Antriebselektromotor M_2 dreht, dessen Feld man nur entsprechend mit Hilfe des Reglers *a* zu stärken braucht, damit er als stromerzeugende Maschine aufs Netz arbeitet. Je mehr dann Strom ins Netz geliefert wird, um so stärker ist die als Motor laufende Zusatzmaschine M_1 belastet und desto größer ist der Strom, mit dem die ersten Zuschaltzellen entladen werden. Mit Hilfe des Feldreglers *a* läßt sich der Entladestrom der kranken Zuschaltzellen regulieren. Bevor man die Zusatzmaschine M_1 als Motor mit den Zellen verbindet, muß der Ladehebel *b* natürlich auf denselben Kontakt wie der Entladehebel *c* gestellt werden. Nach Schließung der Ausschalter *d*, *e* wird der Ladehebel *b* allmählich auf die erste Zuschaltzelle verschoben. Sollte Maschine M_2 kein Voltmeter besitzen, so ist ein solches provisorisch einzubauen. Nach dem üblichen Vergleichen der Netz- und Maschinenspannung ist dann Schalter *f* zu schließen. Feuert Maschine M_2, so ist der Bürstenhalter im Sinne der Drehrichtung etwas zu verschieben; feuert dagegen Maschine M_1, so hat seine Verstellung im entgegengesetzten Sinne zu geschehen.

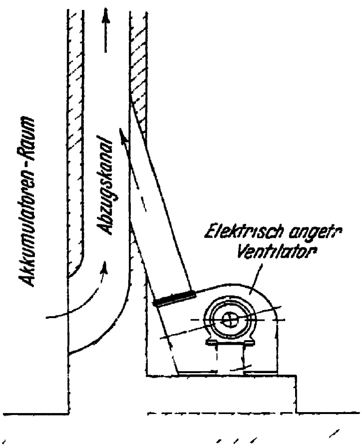


Abb. 86

5. Ventilation des Akkumulatorenraumes.

Ist in einem Akkumulatorenraume nur eine äußerst mangelhafte oder gar keine Ventilation vorhanden, so daß die Temperatur 30 bis 40 °C erreichen kann, oder steht eine Reihe Zellen an einer durch den Schornstein stark geheizten Wand, so empfiehlt es sich, ohne Verzug für Entfernung der Wärme zu sorgen (siehe Fall 21).

Ein Versuch mit mehreren Entlüftungskanälen, die man aus Tonrohren von 200 bis 300 mm lichter Weite herstellt

und so hoch uber Dach führt, daß ihre oberen Öffnungen ungehindert vom Winde bestrichen werden, durfte meist zum Ziele fuhren.

Sollte jedoch damit eine ausreichende Luftung nicht erzielt werden, so bleibt nichts anderes ubrig, als Ventilation mittels elektrisch angetriebener Ventilatoren vorzusehen, und zwar so, daß der Sauredunst aus dem Raume entfernt wird, ohne mit dem Ventilator in Beruhrung zu kommen (Abb 86).

Ist eine Batterie versichert, so ist der Besitzer auf alle Falle verpflichtet, heiße Raume genugend zu entluften, wenn es von seiten der Akkumulatorenfabrik verlangt wird.

B.

Mittel, das im Interesse der Haltbarkeit der Batterie vom Besitzer angewandt werden kann·

1. Entfernung des Schlammes.

Pflicht jeder Betriebsleitung ist es, das Personal anzuhalten, von Zeit zu Zeit die Höhe des Schlammes zu messen (siehe Kap. II, Abschn. 4), damit Kurzschlusse durch zu hohe Schlammablagerung sicher vermieden werden

Ist die Batterie versichert, so muß die zustandige Akkumulatorenfabrik benachrichtigt werden, noch bevor der Schlamm die Platten erreicht Die Fabrik entsendet dann einen Monteur, der mit Spezialwerkzeugen die Zellen reinigt Die Firma verfugt jedoch im Sommer, wenn viele Neumontagen stattfinden, nicht immer frei uber ihre Monteure Es konnen dann unter Umstanden 8 bis 14 Tage vergehen, ehe der Monteur erscheint. Erfolgt also die Benachrichtigung erst dann, wenn der Schlamm die Platten beruhrt, so kann leicht die Batterie bereits einen nicht wieder gutzumachenden Schaden erlitten haben, ehe man zur Entfernung des Schlammes schreitet. In einem solchen Fall ist die Akkumulatorenfabrik möglicherweise berechtigt, von ihren Verpflichtungen zuruckzutreten, da sie aufmerksame Wartung der Batterie unter allen Umstanden fordern darf

Aufmerksame Wartung ist aber auch selbstverstandlich, wenn die Batterie nicht versichert ist alle Reparaturkosten

also zu Lasten ihres Besitzers gehen Nur fragt es sich dann, ob die Reinigung der Batterie durch das Bedienungspersonal vorgenommen werden darf, oder ob der Besitzer die Hilfe der Akkumulatorenfabrik in Anspruch nehmen soll

Holzkastenbatterien können sachgemäß nur von einer Akkumulatorenfabrik entschlammt werden. Von einer Reinigung durch das eigene Personal ist deshalb abzuraten, weil man von außen nicht ohne weiteres erkennen kann, ob auch der Schlamm grundlich entfernt wurde. Man kann ferner nicht sehen, ob Plattenstucke, Glasrohre oder sonstige Fremdkorper in den Elementen verblieben sind, die weiterhin evtl Kurzschluß verursachen. Man glaubt, Schlamm und Fremdkorper vollstandig beseitigt zu haben, während dies tatsächlich nur mangelhaft geschehen ist. Hat der Schlamm noch dazu langere Zeit Kastenschluß gehabt, so ist er hart und sehr fest und kann mittels Schlammpumpe nicht entfernt werden

Die Akkumulatorenfabrik A-G, Berlin, ist imstande, derartige Batterien in sehr kurzer Zeit ohne jede Betriebsstorung wirklich sachgemaß zu reinigen, da sie harten Schlamm, der sich in der Regel nur in einem Teil der Zellen befindet, mit Spezialwerkzeugen, wie Schlammkratzen, Schlammloffeln usw entfernt, weichen dagegen mit einer Motor-Schlammpumpe hoher Leistungsfähigkeit. Hierbei ist der Saureverlust unerheblich, da das abgepumpte Schlamm-Sauregemisch sich sehr bald klart und dann die vollkommen reine Saure wieder in die Zellen nachgefullt werden kann

Die Reinigung der Glasbatterien durch das eigene Personal ist im allgemeinen auch nicht zu empfehlen, da Zuverlassigkeit und Geschicklichkeit erforderlich sind, um durch Herausnehmen von Platten, durch Stoße usw. das Material nicht zu beschadigen. Außerdem muß der Schlamm samtlicher Zellen weich sein, damit keine Spezialwerkzeuge notig sind, und er mit einer Pumpe entfernt werden kann Diese muß aber außerst einfache, saurefeste Klappenventile besitzen, die ein Verstopfen und Festsetzen wahrend des Betriebes ausschließen Das Saugrohr darf nur aus Zelluloid sein, das den Strom nicht leitet und nach Begießen mit

heißem Wasser plattgedrückt werden kann, um seine Einführung auch bei geringen Plattenabständen zu ermöglichen.

Ing. Hoffmann, Leipzig, verkauft derartige Pumpen (Abb. 87), bei deren Gebrauch folgendes zu beachten ist:

Vor Reinigung sind aus dem mittleren Teil einer Zelle Glasrohre oder Holzbrettchen zu entfernen, worauf der Schlamm mit einem Holzwinkel tüchtig aufgerührt und endlich das Saugrohr eingeführt wird. Der Pumpenkolben ist dann sehr langsam zu betätigen. Ist aus einer Zelle der Schlamm entfernt, dann muß sofort reine Säure nachgefüllt werden, da die Negativen sich durch den Sauerstoff der Luft entladen. Sind sämtliche Elemente gereinigt, so müssen alle Teile der Pumpe sorgfältig mit Wasser von der Säure befreit werden.

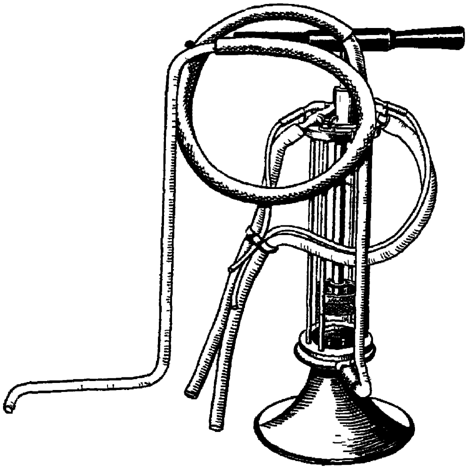


Abb. 87

In den ersten 8 Tagen nach einer solchen Reinigung empfiehlt es sich, die Säuredichte sämtlicher Zellen nach jedesmaliger Ladung zu messen und auf den vorschriftsmäßigen Wert abzugleichen.

C.

Mittel, die im Interesse der Haltbarkeit der Batterie nur von der Akkumulatorenfabrik oder vom Besitzer nur mit deren Einverständnis angewandt werden dürfen:

1. Einbau von Brettern zwecks Aufbesserung geschrumpfter oder sulfatierter negativer Platten.

Das beste Verfahren, geschrumpfte oder sulfatierte Negative aufzubessern, ist der Einbau von harzfreien Holzbrettchen, weil hierbei nicht die geringste Schädigung der positiven und negativen Platten zu befürchten ist.

Diese Holzbrettchen stellen nämlich einen Speicher für Stoffe dar, die durch die Säure in äußerst geringen Mengen gelöst und durch den Ladestrom den Negativen zugeführt werden. Sie bringen die Masse zum Quellen und erleichtern dem Ladestrom die Umwandlung des Sulfats zu Bleischwamm, bei Entladung jedoch rufen sie an den Positiven keine schädliche Formierung des Bleikerns hervor, da sie wahrscheinlich verbrennen, sobald sie an die Positiven gelangen.

Es dürfte an Hand vorstehender Ausführung ohne weiteres einleuchten, daß es vorteilhaft ist, die Bretter gleich von vornherein in eine neue Batterie einzusetzen, weil dann in der Masse der Negativen die Bildung unlöslichen Bleisulfats und das Schrumpfen so lange verhindert wird, als sich noch aufbessernde Stoffe in den Brettern befinden und regelmäßig in kürzeren Zwischenräumen geladen wird. Nach langjährigem Betriebe werden natürlich die aufbessernden Stoffe aus den Brettern verschwunden sein, und es müssen dann unter Umständen neue Bretter eingesetzt werden, um die Negativen auch weiterhin in gutem Zustande zu erhalten.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß man imstande ist, Batterien, die nur noch 50 % ihrer ursprünglichen Kapazität besitzen, in ganz kurzer Zeit wieder auf die garantierte Leistung zu bringen.

2. Teilweise Erneuerung oder Reparatur der Platten.

Sind alle oder einzelne Positive einer Batterie völlig verbraucht, zum Teil zerfallen, durchlochert, seitlich zu stark gewachsen, oder sind in allen oder einigen Zellen die Negativen völlig verbleit, so bleibt nichts anderes übrig, als derartige Platten durch neue zu ersetzen.

Ist die Säure der ganzen Batterie oder einzelner Zellen durch Nachkochmetalle derart verunreinigt, daß ein unzulässig hoher Kapazitätsnachlaß auftritt, so kann man nichts weiter tun, als die Negativen sofort nach kräftiger Überladung (zwecks Reinigung der Säure von den Nachkochmetallen) zu entfernen und für Ersatz zu sorgen.

Manchmal glückt es ja, die Nachkochmetalle dadurch zu beseitigen, daß man die kranken Zellen so lange in ver-

kehrter Richtung ladt, bis die Negativen ein hellbraunes Aussehen zeigen, dann losen sich unter besonders gunstigen Umständen die Nachkochmetalle mit Hilfe des entstehenden Sauerstoffs und gelangen in die Saure, die dann abzuziehen und durch neue zu ersetzen ist Hierauf erfolgt die Ladung der Elemente im richtigen Sinne

Hat das Mittel geholfen, so tritt jetzt, wenn sich die Batterie im Ruhezustande befindet, keine oder nur ganz schwache Gasentwicklung auf. — Soll auf die beschriebene Weise eine Anzahl Zellen von Nachkochmetallen befreit werden, so wird man sich naturlich durch einen Vorversuch an einer einzigen Zelle vergewissern, ob ohne Schadigung der Negativen die Anwendung dieses Mittels von Erfolg sein wurde

Durch Ausbau uberladener Negativer konnen aber Chlor, Essig- und Salzsäure sowie alle Sauerstoffubertrager, wie Eisen- und Mangansalze, ferner Stickstoffverbindungen nicht aus der Saure entfernt werden

Sind samtliche Zellen durch genannte Stoffe verunreinigt, so bleibt nichts anderes ubrig, als mit verringertem Wirkungsgrade weiterzuarbeiten

Handelt es sich jedoch nur um 1 bis 2 Zellen, so kann man versuchen, den Gehalt an diesen Stoffen durch Einfullen neuer Saure nach mehrmaligem Auffullen und Abziehen von destilliertem Wasser zu verringern Dies muß naturlich bei abgeschalteter Batterie im entladenen Zustande geschehen und rasch vor sich gehen, damit sich die Negativen nicht etwa durch den Sauerstoff der Luft stark entladen

Bei Montage neuer Platten ist zu beachten, daß niemals altes und neues positives oder altes und neues negatives Material in ein und dieselbe Zelle eingebaut wird. (Siehe Fall 24) Bezuglich alter positiver Platten ist zu bemerken, daß in ein und dieselbe Zelle nur solche gleicher Beanspruchung, gleichen Alters und gleicher Herkunft, — bezuglich alter negativer, daß nur solche gleicher Herkunft eingebaut werden durfen Auch sollte moglichst der Einbau negativer Mittelplatten als Endplatten vermieden werden

Stark in die Lange gewachsene positive Platten sind den Zellen zu entnehmen und durch Abschneiden auf das Maß

der negativen zu kürzen. Sind sie gekrümmt, so richtet man sie vorsichtig durch Pressen zwischen glatten Holzplatten. Zu stark seitlich gewachsene Positive können durch Beschneiden nicht schmäler gemacht werden, da sie zerfallen würden.

3. Änderung der Batterieschaltung.

Treten zwischen einzelnen Holzbalken des Batteriegestells zu große Spannungsdifferenzen auf (Fall 38), so muß die Verbindung der Gruppen nachträglich so abgeändert werden, daß selbst bei Vorhandensein nasser Stellen an den Balken keine nennenswerte Selbstentladung der Batterie durch das Gestell stattfinden kann. (Abb. 34 u. 35.) In vorliegendem Fall herrscht nach Umänderung der Schaltung an der gefährdeten Stelle nur noch eine Spannungsdifferenz von 16 · 2,04 = 32,8 Volt, statt 153 Volt! Diese Spannung von 32,8 Volt ist ganz ungefährlich; dies geht auch aus Untersuchungen der Siemens und Halske-A.-G. hervor (Elektrochem. Zeitschr. 1898/99, Heft 12), die feststellte, daß Holz, welches schon längere Zeit zu dem Gestell einer Akkumulatorenbatterie gehört hatte und infolgedessen durch und durch mit Säure getränkt war, erst bei einer Spannung von 110 Volt unter Funkensprühen verkohlte.

Werden die an die Stammbatterie angrenzenden, sehr stark beanspruchten Zellenschalterelemente zum Anlassen von Gasmotoren verwendet, so ist die Schaltung dahin zu ändern, daß die ersten Zusatzzellen die erforderliche Energie liefern.

Bei Batterien sehr kleiner Kapazität ist vor das Voltmeter ein Druckknopf zu schalten, der selbsttätig den Strom nach dem Spannungsmesser unterbricht.

IV. Kapitel.

Verhütung einer Erkrankung des Akkumulators

1. durch Wahl eines geeigneten Akkumulatorenraumes.

Akkumulatoren bringt man am besten in einem trockenen Raume unter, der in möglichster Nahe des Maschinenraumes liegt und doch frei von allen Erschutterungen bleibt, dem Bedienungspersonal leicht zuganglich ist und wahrend des ganzen Jahres eine moglichst gleichmaßige Temperatur besitzt Wenn irgend moglich, ist ein Raum mit großen Fenstern vorzusehen, damit alle Teile der Batterie ohne Zuhilfenahme kunstlicher Beleuchtung nachgesehen werden konnen und der am Schlusse jeder Ladung auftretende Sauredunst ohne weiteres durch die geoffneten Fenster abziehen kann.

Unterirdisch oder unmittelbar unter dem Dache gelegene Raume sollte man wegen des dort sich bildenden Kondenswassers vermeiden, das, an Tragern, Fensterrahmen usw eisenhaltig geworden, in einzelne Elemente gelangen kann Andernfalls sind Zwischendecken anzuordnen.

In Holzbearbeitungsfabriken, Brauereien, Brennereien, Bleichereien, chemischen Fabriken usw ist ein Raum vorzusehen, dessen Fenster nach der Straße, nicht nach dem Hofe zu liegen und dessen Turen so angeordnet sind, daß das Eindringen alkohol- oder ammoniakhaltiger Dampfe sicher vermieden wird

Auch Pferdestallen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da diesen ammoniakhaltige Gase entströmen.

Man sollte ferner nur solche Raume wahlen, die weder Heizrohre, noch an der Decke hinlaufende Rohrleitungen, noch vorstehende eiserne Trager usw. enthalten

Sind jedoch an der Decke entlangfuhrende Rohre, Trager usw. nicht zu umgehen, so sind sie mit saurebestandigem alkoholfreien Emaillelack zu streichen, nachdem sie in der ublichen Weise grundiert worden sind. Wenn irgend angangig, sind sie so anzubringen, daß sie uber die Batteriegänge zu liegen kommen

Beim Bau eines Batteriehauses ist auf das verhältnismäßig **hohe Gewicht** der stationären Akkumulatoren Rücksicht zu nehmen, besonders, wenn die Batterie, wie es bei Elektrizitatswerken in großen Städten oft zu geschehen pflegt, in mehreren Stockwerken ubereinander untergebracht werden soll. Für die Deckenkonstruktion eignet sich in einer derartigen großen Anlage am besten flaches Ziegelkappengewolbe zwischen Doppeltragern wegen seiner vorzuglichen Tragfahigkeit. Neuerdings wird haufig auch der sehr tragfahige und dabei billigere Eisenbeton verwendet

Bei vorhandenen Raumen besitzen hin und wieder die Zwischendecken wohl Trager oder Balken von ausreichender Starke, die Decke selbst ist jedoch nicht tragfahig genug Man kann sich dann in der Weise helfen, daß man die Unterlagen der Holzgestelle genau uber den Tragern oder Balken anordnet, so daß das ganze Batteriegewicht auf die letzteren ubertragen wird und die Decke entlastet bleibt

2. durch geeigneten Fußbodenbelag und Deckenputz.

Das hohe Batteriegewicht erfordert eine gesicherte Grundlage für die Batterie Ein Senken und Setzen gefahrdet die betriebssichere Aufstellung der einzelnen Zellen und ihre Verbindung untereinander Selbst wenn sich das Nachgeben des Fußbodens gleichmaßig uber die ganze Flache erstreckt, konnen sich Ubelstande ergeben, weil die Zuleitungen, wenn sie starr verlegt sind, ein gleichmaßiges Sinken der Zellen verhindern Die Bleileisten erscheinen an diesen Stellen hochgezogen, und die mit den Leisten verloteten Plattensatze geraten aus ihrer richtigen Lage Es empfiehlt sich deshalb, die

Isolatoren der Anschlußleitungen auf den Stutzen oder Gestangen so anzubringen, daß die Leitungen nachgeben oder nachgelassen werden konnen (Abb 53)

Bei der Anlage von Akkumulatorenraumen ist deshalb auf die Herstellung eines **harten Fußbodens** besonders Bedacht zu nehmen, er muß auch saurebestandig sein, damit nicht etwa verschuttete oder aus geplatzten Glaszellen, undichten Holzkasten ausgelaufene Säure in darunterliegende Raume gelangen kann

Obige Bedingungen werden mit verhaltnismaßig geringen Kosten erfullt, wenn man an den Stellen, wo spater die Isolatoren der Holzgestelle hinkommen sollen, saurebestandige Steinplatten, z. B Eisenklinker, Mettlacher Platten oder starke Glasplatten vorsieht. Da sie die gesamte Batterielast aufzunehmen haben, so muß naturlich auch der Untergrund sehr fest sein[1]) In Kellern muß er aus einer Rollschicht von hartgebrannten Ziegeln bestehen, die auf gewachsenem Erdboden liegen muß. Ist aber der Boden sandig, so ist er festzustampfen und die Rollschicht auf eine 10 cm starke Betonschicht zu lagern. In den Stockwerken stehende Batterien mussen bei dieser Art der Verlegung naturlich gemauerten Untergrund erhalten.

Die von den Steinplatten freigelassene Flache versieht man zweckmaßig mit einer Asphaltschicht von 25 bis 35 mm Starke Nur muß man darauf bedacht sein, daß der Asphalt rein und saurebestandig ist Diesen vermischt man mit reinem Quarzsande im ublichen Verhaltnis, da an die Harte der vollstandig entlasteten Asphaltdecke besondere Anspruche nicht gestellt zu werden brauchen

Den Asphalt muß man vor seiner Verwendung auf Saurebestandigkeit untersuchen Man legt ihn etwa acht Tage lang in Schwefelsaure von 1,23 spezifischem Gewicht Nimmt man dann den Asphalt aus der Saure heraus und zerbricht ihn, so muß die Bruchflache genau dieselbe Beschaffenheit haben wie vor dem Einlegen in Schwefelsaure Bei unbrauchbarem Asphalt lassen sich die Bruchflachen nicht glatt trennen,

[1]) Die Tragfahigkeit des Baugrundes an den Unterstutzungsstellen muß bei kleinen und mittelgroßen Batterien mindestens 3 kg/cm² betragen

sondern bleiben teerartig aneinander hangen Am besten ist reiner Trinidadasphalt, falls die Raumtemperatur 45 ° C. nicht übersteigt.

Die Stein- oder Glasplatten, mit Zementmortel als Unterlage verlegt, mussen ein Stuck aus dem Asphalt hervorragen (Abb. 88); zwischen Platte und Asphalt durfen keine Fugen gelassen werden, damit die Saure nicht nach dem Mauerwerke und den Tragern gelangen kann.

Bei Holz- und Zementboden ist ein nachträgliches Einsinken der Batterie zwar ausgeschlossen, aber die Saure greift beide Materialien im Laufe der Zeit stark an. Zement und Holz konnen gegen die Einwirkung der Säure durch einen Linoleumbelag nachhaltig geschützt werden, falls der Raum trocken und luftig ist. Dieser Belag hat außerdem den Vorteil, daß er sich leicht reinigen läßt.

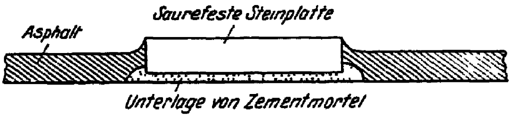


Abb 88

Billiger, wenn auch weniger haltbar, ist ein Steinkohlenteeranstrich, auf den reiner Quarzsand gestreut wird. Nach dem Trocknen ist der Anstrich zu wiederholen

Trockener Holzfußboden kann zur großeren Sicherheit gegen Durchdringen der Saure nach darunterliegenden Raumen auch Asphaltbelag mit vorstehenden saurefesten Steinplatten erhalten, genau in der Ausfuhrung wie fur gemauerten Fußboden

Ist jedoch der Holzfußboden feucht, so darf kein Asphaltbelag aufgebracht werden, da sonst das Holz fault In diesem Falle ist das Holz mit einem Teeranstrich zu versehen, nachdem zuvor alle Fugen durch dunne Holzleisten oder Kitt gedichtet worden sind Der Fußboden erhalt dann einen Dachpappebelag Da dieser Belag aber durchgetreten werden kann, so ist daruber noch ein Bretterbelag anzubringen, der gleichfalls mit heißem Steinkohlenteer zu streichen ist

Es gibt noch eine Anzahl Verfahren, saurefeste und genugend harte Fußboden herzustellen, Verfasser kann jedoch

die beschriebenen Ausfuhrungen empfehlen, da sie verhaltnismaßig billig sind, ihrem Zwecke durchaus entsprechen und gut aussehen

Zementputz der Decke ist zu vermeiden, da er nicht säurefest ist, sich meist lockert und in die Elemente fällt. Man versieht die gut ausgetrocknete Decke zweckmaßig mit einem Kalkanstrich, nachdem die Fugen vollstandig ausgestrichen sind, der dann mit säurefestem alkoholfreien Emaillelack uberstrichen wird.

Die Wände sind in gleicher Weise zu behandeln.

3. durch geeignete Entlüftungsvorrichtungen im Akkumulatorenraume.

Eine ausreichende Luftung des Akkumulatorenraumes ist unerlaßlich. Neben dauernder Lufterneuerung ist besonders am Ende der Ladung, wenn in den Elementen kraftige Gasentwicklung stattfindet, für genugenden Abzug der Saurenebel zu sorgen.

Die Anwendung des natürlichen Zugs durch Öffnen der Fenster und Turen ist meistens ausreichend, und es empfiehlt sich daher, Akkumulatorenraume reichlich mit Fenstern auszustatten. Ist eine genugende Luftung durch solche Mittel allein nicht zu erzielen, so kann man unter Umstanden durch Luftschachte oder auch durch mehrere Tonrohren von 20 bis 25 cm Durchmesser, welche uber Dach bis zur Windhohe zu fuhren sind, die für die Lufterneuerung erforderliche Saugwirkung erreichen, wenn an der entgegengesetzten Seite des Raumes durch eine passende Öffnung frische Luft von außen eintreten kann

Luftungslaternen mit jalousieartigen Öffnungen (sog Dachreiter) sind nachteilig, da durch sie Staub, Schmutz usw in den Raum dringen und eine schadliche Verunreinigung der Elemente verursachen konnen Auch erschwert die durch sie eintretende kalte Luft das Aufsteigen der Sauredunste.

Bei größeren Anlagen, besonders bei Batteriehausern mit mehreren Stockwerken, genugen solche einfache Abzugsrohre nicht immer; in manchen Fällen ist man genotigt, die Luft des Batterieraumes durch besondere Ventilatoren abzusaugen.

Frische Luft in einen Akkumulatorenraum hineinzudrücken, ist nicht empfehlenswert, weil dann die schlechte Luft, auch wenn man für ihren Abzug eine besondere Öffnung angelegt hat, doch auch durch alle undichten Stellen des Batterieraumes entweicht und so an Stellen gelangen kann, von denen man sie fernhalten möchte Auch wird durch dieses Verfahren nur eine unvollkommene Lufterneuerung erreicht.

Die Ventilatoren sind so zu bemessen, daß in der Stunde mindestens ein fünfmaliger Luftwechsel erreicht wird.

Die Öffnung des Abzugsrohres bringt man zweckmäßig an der Decke, die Lufteintrittsstellen an der gegenüberliegenden Stelle, und zwar am Boden an. Das obere Ende des Abzugsrohres ist mit einer Kappe mit seitlichen Windöffnungen zu versehen, damit nicht Regen, Schnee oder dgl. in das Rohr gelangen kann.

Es empfiehlt sich, die abgesaugte Luft durch Säureabscheider der Akkumulatoren-Fabrik A.G., Berlin, von der mitgerissenen Säure zu befreien, einerseits um den Ventilator vor Zerstörung, andererseits die Nachbarschaft vor Belästigung durch Säuredünste zu schützen Dies kommt besonders bei großen städtischen Batterieanlagen in Betracht, die von Geschäfts- oder Privathäusern eng umschlossen sind.

In allen Fällen, in denen die bei der Ladung auftretenden Säurenebel besonders sorgfältig von der Umgebung ferngehalten werden müssen, kann durch Abdeckung der Elemente mittels Glasscheiben eine Verringerung dieser Nebel erzielt werden. Diese Abdeckung hat außerdem den Vorteil, daß sie den Verbrauch an Nachfüllflüssigkeit, insbesondere Säure, sehr vermindert Ein Nachteil ist jedoch, daß die Zellen weniger leicht besichtigt werden können und die Wartung daher erschwert wird. Von der Abdeckung ist deshalb nur dann Gebrauch zu machen, wenn trotzdem Gewähr für eine ausreichende Wartung besteht.

Bei der Lüftung von Akkumulatorenräumen in **Brennereien, chemischen Fabriken u. dgl.**, wo sich in den Nachbarräumen schädliche Gase befinden, muß man besonders vorsichtig sein, um zu verhindern, daß von der Ventilationsein-

richtung durch Turen, Wandoffnungen usw. diese Gase in den Batterieraum hineingesogen werden. In solchen Fallen empfiehlt sich direkter Eingang aus dem Freien Doppelturen beseitigen die Gefahr nicht. Laßt sich ein Eingang in den Batterieraum aus dem Freien nicht schaffen, so muß in derartigen Anlagen ein dauernd mit der freien Luft in Verbindung stehender Vorraum vorgesehen werden

Kann der Akkumulatorenraum aus irgendeinem Grunde nicht mit Fenstern versehen oder muß ein solcher unter Erde gewahlt werden, so sehe man mehrere gemauerte Entluftungskanale von moglichst großem Querschnitt vor, die man bis zur Windhohe über Dach fuhrt

4. durch Schutzmaßregeln gegen Wärme, Tropfwasser, Flugsand.

Gehen durch einen Batterieraum Dampfleitungen, die stark Warme ausstrahlen, so mussen sie mit Warmeschutzmitteln (Kieselgur usw.) umkleidet, dann mit Leinwand umwickelt und mit Asphaltanstrich versehen werden. Ferner empfiehlt es sich, unter Rohrleitungen usw Bleirinnen anzubringen, die das eisenhaltige Tropfwasser aufnehmen und abführen Alle Rohrflanschen sind im Batterieraume, wenn irgend moglich, zu vermeiden, da bei Undichtwerden derselben schadliche Flussigkeiten, Dampfe usw austreten und in die Saure gelangen konnen, außerdem ist bei Reparaturen an denselben leicht eine schwere Beschadigung einzelner Elemente durch ungeschickte oder unvorsichtige Handhabung der Werkzeuge moglich

Mussen infolge Raummangels Elemente unter Oberlichtern aufgestellt werden, so ordnet man unter letzteren am besten eine etwas geneigte, genugend große Glastafel an, die das Tropfwasser nach einem kleinen Sammelgefaß aus Bleiblech abfuhrt. Über der Glastafel bringt man noch ein verbleites Drahtsieb an, damit sie nicht zerschlagen werden kann

Liegen die Fenster des Batterieraums nach einem freien Platze hin, so empfiehlt es sich, vor dieselben solche aus feinmaschigem verbleiten Eisendraht zu setzen, die Flugsand oder Staub auffangen

5. durch Wahl einer genügend großen Batterie sowie geeigneter Hilfsmaschinen.

Es ist außerordentlich wichtig für die Lebensdauer einer Batterie, daß sie nicht etwa nur gerade so groß vorgesehen wird, wie sie sich bei der Projektierung an Hand einer meist recht unsicheren Berechnung ergibt: man sollte sie vielmehr stets so groß wählen, daß sie von Ladung zu Ladung nur mit 40 bis 60 % der garantierten Leistung beansprucht wird, zumal auch bei Versagen der Maschinen reichliche Kapazität des Akkumulators sehr erwünscht ist.

Um auch für den Fall gesichert zu sein, daß das Werk sehr an Ausdehnung gewinnt, läßt man zweckmäßig die Platten in so breite Gefäße einbauen, daß genügend Raum verbleibt, um eventuell späterhin die Leistung des Akkumulators durch weiteren Einbau von Platten um 30, 50 % oder noch mehr zu erhöhen. Oder man legt den Akkumulatorenraum gleich von vornherein so groß an, daß die Batterie vorläufig nur die Hälfte der Bodenfläche einnimmt. Die einzelnen Zellen baut man dann natürlich voll aus

Falls nun die Bleileisten rechtwinklig zum Holzgestell stehen — Mittellötung —, so sind die Zellen ausschließlich in Doppelreihen aufzustellen, und zwar so, daß am Ende einer solchen sich nur gleichnamige Pole befinden. Soll später die Leistung der Batterie verdoppelt werden, so schaltet man einfach die Zellen der Doppelreihen durch neue, ungefähr doppelt so lange Bleileisten parallel und setzt in den frei gebliebenen Teil des Akkumulatorenraumes eine neue Batterie von derselben Leistung wie die alte Den alten und neuen Teil schaltet man hintereinander.

Ist die Batterie so klein, daß ihre Leisten parallel zum Holzgestell angeordnet werden — Seitenlötung —, so ist die ausschließliche Anordnung der Zellen in Doppelreihen nicht erforderlich Dann wird bei Verdoppelung der Leistung jedes zweite Element nach Durchschneiden der Leisten um 180° gedreht, so daß dann jedesmal zwei Zellen mit den gleichen Polen nebeneinanderstehen und durch Verlötung parallel geschaltet werden können Der frei gebliebene Teil des Raumes nimmt dann gleichfalls den neuen Batterieteil auf.

Sehr vorteilhaft, aber auch sehr teuer in der Anschaffung ist die Aufstellung von zwei parallel geschalteten, gleich großen Batterien, die man abwechselnd zur Entladung heranzieht. Wahrend die eine Batterie geladen wird, entladt man die andere.

Soll in einem Dreileitersystem die Batterie Spannungsteiler sein, so ist es ratsam, die beiden Zellenschalter an den Nulleiter anzuschließen, da dann der Isolationszustand der

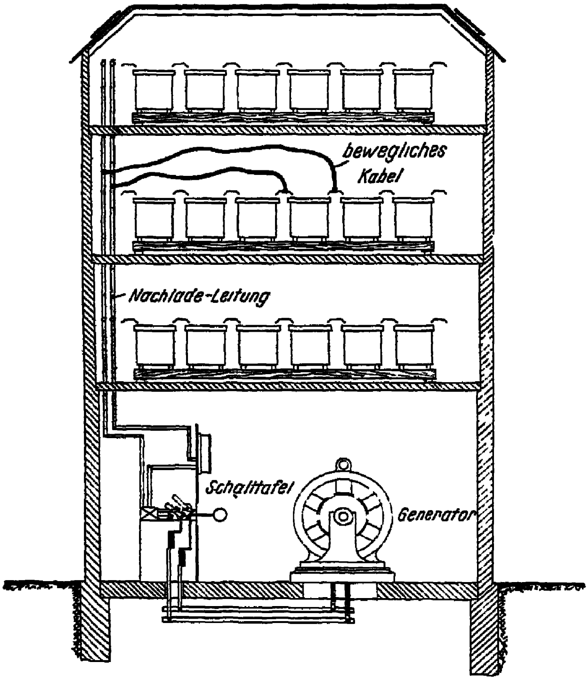


Abb 89

zugehörigen Leitungen und damit auch derjenige der Batterie meist bedeutend besser ist, als wenn sie in den Außenleitern liegen.

Um bei großen Batterien einzelne in der Ladung zuruckgebliebene Zellen bequem nachladen zu können, empfiehlt es sich, ein besonderes kleines Maschinenaggregat fur diesen Zweck aufzustellen Das „Kaufhaus des Westens" in Berlin z. B. hat ein solches, das durch einen Drehstrommotor von 5 PS angetrieben wird und gleichstromseitig

500 Amp. bei 5,5 Volt Spannung zum Nachladen liefern kann. Befinden sich die einzelnen Batterien in mehreren übereinanderliegenden Stockwerken, so lohnt sich die Verlegung von zwei Nachladeleitungen (Abb. 89), da sie nur verschwindend wenig im Verhältnis zur ganzen Anlage kosten, das Nachladen dann stets rechtzeitig stattfindet und die unbequeme, zeitraubende provisorische Installierung flexibler Kabel nebst Zubehör ein für allemal wegfallt. Das Elektrizitätswerk „Südwest" hat in der Unterstation „Motzstraße" (Berlin-Wilmersdorf) diese Einrichtung getroffen, die sich vorzüglich bewährt.

Zusatzmaschinen sind unter allen Umständen so zu bemessen, daß sie die vorgeschriebene höchstzulässige Ladestromstärke vertragen; andernfalls würde bei forciertem Betriebe die Aufladung der Batterie bis zur lebhaften Gasentwicklung an beiden Plattensorten infolge der übermäßig langen Ladezeit in Frage gestellt werden.

6. durch sachgemäße Leitungsverlegung.

Es empfiehlt sich, in niedrigen Raumen die eisernen Gestange fur die Verlegung der Zellenschalterleitungen und Gruppenverbindungen nicht uber den Elementen, sondern über den Gängen anzubringen. Man erhält dadurch über den Zellen freien Platz zum Arbeiten; auch vermeidet man mit größerer Sicherheit, daß bei der Reinigung und Einfettung der Leitungen, beim Nachstreichen der Gestänge usw. Schmutz und Metalloxyde in die Elemente fallen.

Leitungen in Akkumulatorenraumen sollten bei höheren Spannungen nur auf glockenformigen Isolatoren verlegt werden; Hochspannungsrollen sind zu vermeiden.

Die im IV. Kap , 2 Abschnitt, erwahnten Übelstände, die sich beim Nachgeben des Fußbodens einstellen können, lassen sich dadurch vermeiden, daß die Leitungen nicht starr verlegt werden, entweder von selbst etwas nachgeben oder nachgelassen werden konnen. Das wird bei schwacheren Drahtleitungen oft durch passende Anordnung der Isolatoren erreicht oder man biegt die Leitung oben am Isolator zu einer federnden Schleife Ein Nachlassen der Leitungen wird schon dadurch ermöglicht, daß man die zur Befestigung der betreffenden Isolierrollen dienenden Gestänge nicht mit runden

Durchbohrungen, sondern mit vertikalen Schlitzen versieht, welche es gestatten, die Rollen später etwas zu senken Fur stärkere Leitungen werden am besten Isolatoren mit verstellbaren Stutzen oder Leitungsfuhrungen verwendet, wofur sich verschiedene Ausführungsformen bewährt haben. Bei Flachkupferleitungen fuhrt man zweckmaßig die betreffenden Verschraubungsstellen mit Langloch aus. Sind von fruher her nicht verstellbare Isolatoren bereits vorhanden, so kann man sich auch in der Weise helfen, daß man in den zur Aufnahme der Leitungen bestimmten Einschnitt des Isolators unter das Kupfer ein Stuckchen Holz von etwa 1 cm Stärke oder besser einige Bleistreifen legt und diese Unterlagen im Bedarfsfalle spater wieder entfernt.

Die Durchfuhrung der Leitungen durch die Wände geschieht am besten in eingemauerten Hartgummi-, Glas- oder Porzellanröhren, die beiderseitig über die Wandflächen hinausragen. Die Rohröffnungen werden durch passend zugeschnittene Korke abgedichtet. In vollkommen trockenen Räumen kann die Durchfuhrungsstelle durch zwei Holzbretter verschlossen werden, in welche passende Löcher für die Leitungen eingeschnitten sind. Rundkupferleitungen konnen hierbei durch die gebrauchlichen Porzellantullen gegen das Holz isoliert, Flachkupferschienen mussen durch Streifen aus Glas, Porzellan, Hartgummi gesichert werden. Gegen die Einwirkung der Sauredampfe empfiehlt sich ein Anstrich des Holzes mit Emaillelack. Marmor eignet sich als Isoliermittel in Batterieräumen nicht, weil nicht saurebestandig Gewohnlicher Glaserkitt zum Dichten von Öffnungen ist nicht saurefest und muß wenigstens durch Anstrich geschutzt werden. besser ist eine saurebestandige Vergußmasse zu diesem Zwecke geeignet. Durchfuhrungen durch Decken und Fußboden konnen in ähnlicher Weise abgedichtet werden.

7. durch Vorsichtsmaßregeln vor, während und nach Aufstellung der Batterie.

1. Wenn irgend moglich, lasse man die Batterie erst dann aufstellen, nachdem sämtliche Kupferleitungen im Akkumulatorenraum installiert sind

2. Den Fußboden des Batterieraums säubere man vor Beginn der Montage sorgfältig von allen Ziegel- und Kalkstucken sowie von allem Schmutze, da dies nicht Sache des Monteurs ist

3. Die angelieferten Batteriematerialien bewahre man so auf, daß sie vor Nässe und Staub geschützt sind.

4. Holzgestelle, Holzkasten und alle im Akkumulatorenraume befindlichen Kupferleitungen reibe man noch vor Einfullen der Säure mit Vaselin oder konsistentem Fett ab, um sie vor dem schädlichen Einflusse der Säuredämpfe wirksam zu schützen.

5. Ehe das Fullen der Zellen mit Säure beginnt, streue man auf die Bedienungsgange Sägespäne, damit etwa verschüttete Flussigkeit aufgesaugt wird.

6. Sollte beim Füllen der Elemente Säure an die Holzkasten oder Holzgestelle gelangen, so sorge man dafür, daß diese Stellen mit reinem Wasser abgewaschen und hierauf grundlich trocken gerieben werden

7. Nach Beendigung der Montage uberzeuge man sich, ob unter den Holzgestellen aller Schmutz entfernt worden ist.

8. Schon vor Beginn der ersten Ladung des Akkumulators eiche man, wenn möglich, samtliche zur Batterie gehörenden Meßinstrumente, damit Abweichungen vom Sollwert aufgedeckt und späterhin berucksichtigt werden.

9 Werden nach Anschaffung der Batterie noch Arbeiten an den Zellenschalterleitungen oder an der Decke ausgeführt, so decke man alle die Zellen, in welche Kupferstuckchen, Deckenputz, Werkzeuge usw fallen konnten, sorgfältig mit Pappe zu

10 Falls kein Ladezahler vorhanden ist, stelle man bei der ersten, meist 36 Stunden dauernden Ladung genugend Bedienungspersonal, damit das Ladeamperemeter auch wirklich dauernd beobachtet und der Strom nachreguliert wird, denn sonst besteht keine Sicherheit, daß auch wirklich der Akkumulator die von der Fabrik vorgeschriebenen Amperestunden empfangt

11 Gleich nach der ersten Ladung nehme man eine Kapazitatsprobe vor, um sich zu uberzeugen, ob auch wirklich die garantierte Leistung vorhanden ist. Man messe hierbei

vor allen Dingen am Schlusse der Entladung die Einzelspannungen sämtlicher Zellen, um alle die Elemente herauszufinden, die nicht in Ordnung sind.

Zellen mit auffallend tiefer Spannung und Sauredichte untersuche man sofort auf Kurzschluß und lade sie eventuell nach.

Hat die gesamte Batterie nicht die Kapazität, so entlade man sie im Betriebe ein- oder zweimal bis zur zulässigen Spannungsgrenze und lade sie jedesmal mit Ruhepausen wieder auf.

12 Während der ersten 14 Tage nach Inbetriebsetzung entnehme man auch der vollig gesunden Batterie immer möglichst die volle Kapazität und lade sie jedesmal bis zur lebhaften Gasentwicklung an beiden Plattensorten auf.

13 Man kaufe nur wirklich geeignete Nachfullvorrichtungen, Destillierapparate usw.

8. durch geeignete Nachfüllvorrichtungen.

Als wirklich geeignet ist nur dann eine Nachfullvorrichtung zu bezeichnen, wenn sie weder ein Hineinfallen fremder Stoffe in die Säure, noch eine Verunreinigung derselben durch Schmutz an Händen und Armen des Wärters oder an der Außenseite des Nachfüllkrugs ermöglicht.

Obige Bedingungen werden bei kleinen und mittelgroßen Batterien in ziemlich vollkommener Weise durch den Ballonkipper von Misling in Bielefeld erfullt (Abb 90). Derselbe gestattet, mit Hilfe einer einzigen Person Säure oder destilliertes Wasser direkt aus dem Ballon in den Krug zu fullen Er ist vollstandig aus Eisen und darum sehr dauerhaft

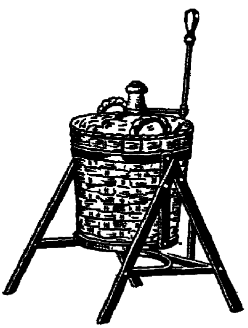


Abb 90.

Sind die Batterieräume sehr ausgedehnt, so empfiehlt es sich, mehrere Ballonkipper an verschiedenen Stellen zu installieren, damit der Warter den schweren, gefullten Krug nicht allzu weit zu tragen braucht

Die heutzutage meist als Nachfullvorrichtung gebrauchten Bottiche erfullen nur dann ihren Zweck, wenn sie nach Gebrauch stets sorgfaltig mit Holz- oder Glasplatten zugedeckt werden, der Glaskrug sich bei Nichtgebrauch stets auf einer

ganz reinen Unterlage befindet und der Wärter sauber gewaschene Hande und Arme hat.

Für sehr große Anlagen ist das Nachfullen der Zellen mittels Kruges so außerordentlich zeitraubend und beschwerlich, daß es undurchführbar ist. Hier empfiehlt sich eine Einrichtung, wie sie von Flach & Callenbach, G. m. b. H., Berlin, bereits in Anlagen der Berliner Elektrizitätswerke, im Elektrizitätswerk Süd-West A.-G. in Schöneberg sowie in der stadtischen Gasanstalt Buch angebracht ist und sich bestens bewährt.

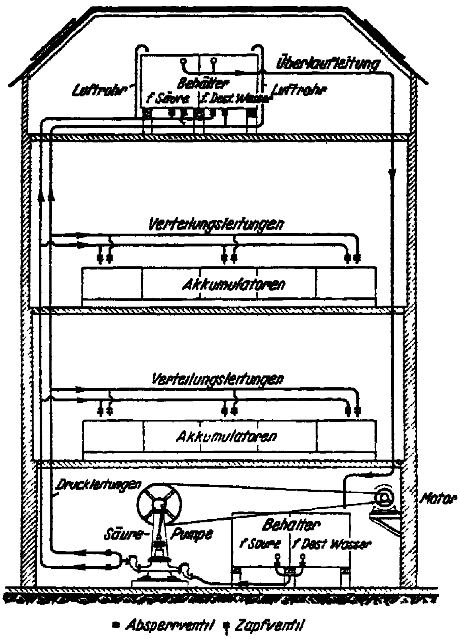


Abb 91.

An der höchsten Stelle des Akkumulatorengebäudes sind zwei verdeckte Aufbewahrungsbehälter von je 2 bis 3 cm³ Inhalt aus kraftigem gespundeten Holze angeordnet (Abb. 91), die mit Bleiblech ausgekleidet sind. Der eine Behälter ist für Saure, der andere für destilliertes Wasser bestimmt.

Die Füllung derselben erfolgt durch eine mittels Elektromotors angetriebene Membranpumpe, die mit Blei ausgefuttert ist und Sicherheitsventile sowie Kugelventile mit Hartgummiuberzug besitzt Bei hohem Drucke werden an ihr noch Windkessel angebracht Die zu fordernde Flussigkeit kommt mit dem Plunger nicht in Berührung, da eine das Innere der Pumpe in zwei Kammern trennende Gummimembran die Bewegung des Plungers auf die zu fordernde Flussigkeit uberträgt. Die Ausfutterung der Unterteile, Ventile usw. kann leicht erneuert werden.

Der Pumpe fließen Saure und destilliertes Wasser aus im Keller befindlichen und etwas erhohten, zugedeckten Aufbewahrungsbehaltern zu. Sie befordert die Flussigkeiten durch eine Druckleitung aus gezogenem Bleirohr nach oben.

Da nun diese als Gabelrohr ausgebildet und an der Pumpe sowie an den oberen Behältern absperrbar ist, so besteht die Moglichkeit, Saure oder Wasser mit der Pumpe direkt nach den Akkumulatoren oder den oberen Behaltern zu drucken, sowie bei Stillstand der Pumpe den einzelnen Stellen aus den oberen Behältern durch die eine Leitung Wasser, durch die andere Saure zuzufuhren.

Ein Überlaufen der oberen Behälter ist ausgeschlossen, da ein Überlaufrohr vorgesehen ist, welches in den unteren Behälter einmundet, so daß man im Keller erkennen kann, ob das obere Bassin gefullt ist. — Auch ein Zersprengen der Rohre ist unmöglich, falls es einmal vergessen werden sollte, die an den oberen Behaltern angeordneten Ventile bei Inbetriebsetzung der Pumpe zu offnen, da am hochsten Punkte jeder Leitung ein Sicherheitsluftrohr angeordnet ist — Kurzschlüsse durch die Bleileitungen werden durch gute Isolierung gegen alle Eisenteile usw. unmöglich gemacht

Die Verteilungsleitungen, Behalter und Druckleitungen besitzen als Absperrorgane Hartblei-Niederschraubventile mit Paragummimembran. Die Ventile der Verteilungsleitungen sind mit Schlauchrillen zum Aufbinden des Füllschlauches versehen.

Zum Fullen des im Keller befindlichen Behälters wird zweckmaßig auf dem Hofe ein genugend großer Holzkasten mit Bleiausschlag und einem Bleisieb am Ablaufstutzen aufgestellt Das Sieb dient zum Abfangen von Strohhalmen usw. Von dem Kasten aus geht eine Leitung nach den im Keller befindlichen Behaltern

9. durch geeignete Destillierapparate.

Da der Verbrauch an destilliertem Wasser sehr hoch ist, so sehen sich viele Werke veranlaßt, dasselbe mittels gekaufter oder selbstgefertigter Destillierapparate durch das eigene Personal herstellen zu lassen, um Kosten zu sparen.

Ein solcher Apparat muß aber ein vollkommen reines Destillat liefern, wenn er brauchbar sein soll Deshalb darf der Dampf nur aus ganz reinem Regen-, Brunnen- oder Leitungswasser erzeugt werden, das weder Öle und Fette noch Alkohol oder Essig enthält, die sich bei der Siedehitze des Wassers verfluchtigen und in den Wasserdampf gelangen.

Das Destillat darf ferner auf keinen Fall mit Kupferteilen in Berührung kommen. Sind sie verzinnt, so wird zwar reines Wasser geliefert, aber doch nur so lange, als der Zinnüberzug hält; sobald er abblattert, wird das Destillat kupferhaltig.

Deshalb soll ein Destillierapparat weder Schlangen aus reinem noch aus verzinntem Kupfer, sondern nur solche aus dem ganz unschädlichen Zinn oder aus Blei enthalten. Auch die Hähne, die das Destillat passiert, sollen aus Zinn, Hartblei oder Ton hergestellt sein.

Falls das destillierte Wasser unmittelbar aus Kesseldampf hergestellt werden soll, so muß zwischen Kessel und Destillierapparat ein Wasserabscheider eingebaut werden, welcher verhindert, daß chlorhaltiges Kesselspeisewasser in den Destillierapparat gelangt. Selbstverständlich muß auch ein Druckreduzierventil in die Frischdampfleitung eingebaut werden, damit die Speisung des Destillierapparats aus Kesseln von beliebigem Druck erfolgen kann.

Da sich während jeder größeren Betriebspause in dem Dampfzuleitungsrohr Kondenswasser abscheidet, das Verunreinigungen enthalten kann, so empfiehlt es sich, das in der ersten Viertelstunde gewonnene Wasser nicht zu verwenden.

Die Aufbewahrung des Destillats geschieht am besten in chemisch reinen, mit Gips oder Schwefel verschlossenen Glasballons.

Geeignete Destillierapparate gibt es

1. für direkten Anschluß an eine Frischdampfleitung (Abb. 92 und 93),
2. mit besonderem Dampferzeuger für Kohlefeuerung,
3. mit besonderem Dampferzeuger für Abgasheizung in Motoranlagen (Abb. 94).

Ein Apparat nach Abb. 93 ist erforderlich, wenn durch die Reinigung des Wassers mit Soda oder Kalk stark alkalischer Dampf im Kessel gebildet wird. — Eine Einrichtung nach Abb. 94 kommt nur für Gasmotorenanlagen in Frage. Ein Gasmotor erzeugt bei einer Leistung

von 20 bis 30 PS pro Stunde 10 l Destillat,
,, 30 ,, 50 ,, ,, ,, 20 l ,,
,, 60 ,, 100 ,, ,, ,, 30 l ,,

und zwar vollständig kostenlos.

Ein Destillierapparat macht sich daher auf alle Fälle in kürzester Zeit bezahlt. Verbraucht doch z. B. eine Bat-

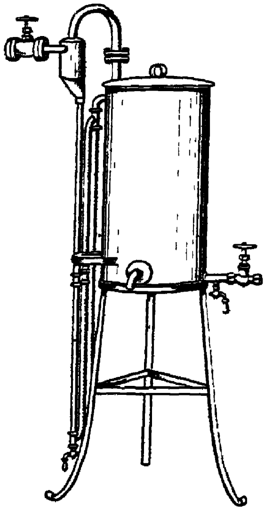


Abb 92.

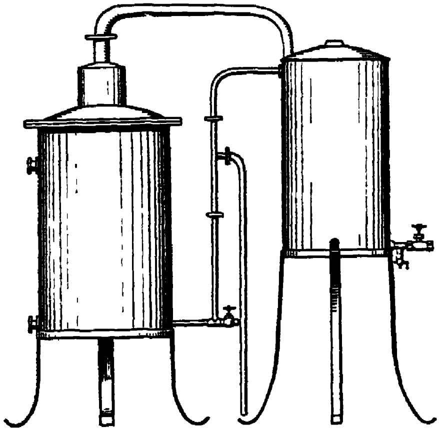


Abb 93.

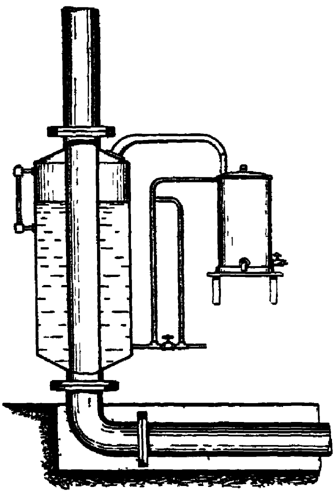


Abb. 94

terie, bestehend aus 120 Zellen von 1600 Ah dreistundiger Kapazitat jahrlich in einem während aller Jahreszeiten weder zu warmen noch zu kalten, aber trokkenen Raume ca 100 Ballons destilliertes Wasser à 60 l — Pro Quadratmeter Elementoberflache durfte pro Jahr an destilliertem Wasser erforderlich sein·

a) in Räumen, die das ganze Jahr hindurch feucht sind, ca. 60 l,

b) in Raumen, die das ganze Jahr hindurch weder zu warm noch zu kalt, aber trocken sind, ca. 200 l (normaler Verbrauch);

c) in Raumen, die das ganze Jahr hindurch sehr trocken und warm sind, ca. 300 bis 400 l

10. durch Glasabdeckung der Elemente.

Die Säure einer Batterie wird um so weniger verunreinigt werden können, je seltener ein Nachfullen der einzelnen Zellen stattzufinden braucht, und je sorgfältiger die Elemente vor dem Hineinfallen von Fremdkorpern geschutzt werden.

Beiden Forderungen genügt bei Holzbrettchen- oder Hartgummiplatteneinbau eine Glasbedeckung der Elemente; denn sie verhindert einerseits das Hineinfallen von Deckenputz usw. in die Flussigkeit, anderseits sinkt der **Verbrauch an destilliertem Wasser** auf zirka den **vierten Teil gegenüber unbedeckten Zellen,** weil die in die Luft gerissenen Flüssigkeitsteilchen nur bis zur Unterseite der Glasplatten gelangen und von dort wieder in das Element zurücktropfen.

Eine sachgemäß ausgefuhrte Glasabdeckung muß je nach Große der Holzkastenoberflache aus mehreren kleinen, leicht abzuhebenden Scheiben *a* bestehen (Abb. 95) und nicht etwa aus einer einzigen, unhandlich großen Platte. Die auf den Bleileisten aufliegenden Deckscheiben durfen aber nur die Plattensatze uberdecken, nicht etwa auch den am Bedienungsgang *b* gelegenen Bleibugelraum, der unbedingt fur das Einfuhren des Sauremessers *m* freibleiben muß An der dem Bedienungsgang gegenuberliegenden Seite muß außerdem eine etwas schrag gestellte Glasscheibe *s* angebracht sein, die jeden Zug unter der Glasabdeckung verhindert, da sonst der Sauredunst seitlich herausgetrieben wird

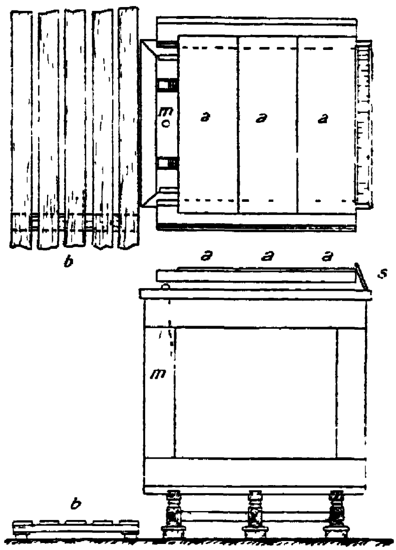


Abb 95

Bei Glaselementen durfen die Abdeckscheiben keinesfalls auf den Bleileisten liegen, weil letztere stets schmaler sind als der Gefaßabstand und daher die den Scheiben an-

haftende Flussigkeit nicht in die Elemente zurucktropft, sondern von den Kanten der Bleileisten auf das Holzgestell. Hier muß eine Scheibe auf die Holzstabe usw. gelegt werden.

11. durch Verwendung von Säuremessern.

Abb 96 zeigt das Messen der Sauredichte bei einer transportablen Batterie.

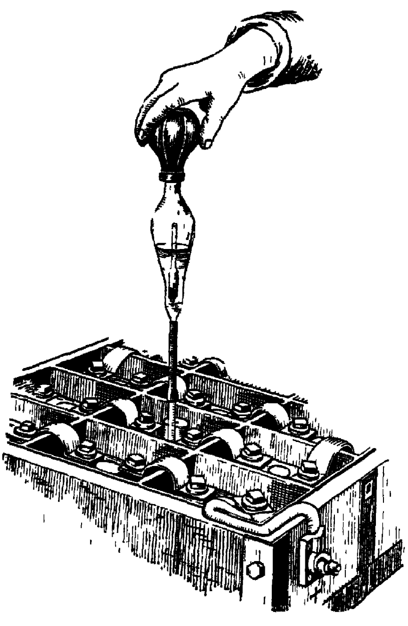


Abb 96

Der Säuremesser gibt Aufschluß uber Vorgänge, die sich im Innern einzelner Batteriezellen abspielen.

Er zeigt an, in welchem Maße die Umwandlung der aktiven Masse in positiven und negativen Platten vor sich geht; denn bei Ladung steigt er, solange noch konzentrierte Schwefelsaure infolge Umwandlung des Sulfats in Bleisuperoxyd resp Bleischwamm frei wird, bei Entladung dagegen sinkt er, solange der Flussigkeit konzentrierte Schwefelsaure zur Bildung des Sulfats an beiden Plattensorten entzogen wird

Steigt nun in einer Zelle ein Sauremesser bei Ladung um soviel Striche, als er bei Entladung gefallen war, so ist die betr Zelle vorschriftsmäßig aufgeladen Sind die Platten aller ubrigen Zellen einer Batterie in gleichem Zustande wie in fraglicher Zelle, so ist die Ladung samtlicher Elemente als beendet anzusehen Manchmal aber befindet sich zwischen den gesunden Zellen eine kranke, die nur entdeckt werden kann, wenn sämtliche Zellen der Batterie in moglichst kurzer Zeit durchgemessen werden Sind aber in der Anlage nur 1 oder 2 Säuremesser vorhanden, so ist die Prufung samtlicher Zellen zeit-

raubend und wird deshalb vom Personal nicht ausgeführt. Darum ist es wünschenswert, daß etwa für je 5 Zellen ein Säuremesser beschafft wird, für eine Anlage von z. B. 120 Zellen etwa 24. Man rückt dann täglich die betr. Instrumente um eine Zelle weiter und ist so imstande, binnen 5 Tagen die ganze Batterie zu kontrollieren.

Man legt zweckmäßig folgende Tabelle (30 Zellen angenommen) an, in die auch einzutragen ist, wann Säure oder Wasser nachgefüllt wurde.

Säuredichte.

Datum								Bemerkungen
1. April 1927	Zelle Nr.	1	6	11	16	21	26	
	Beginn der Ladung ...	1,185	1,175	1,18	1,18	1,17	1,17	
	Schluß der Ladung ...	1,21	1,20	1,205	1,20	1,195	1,195	Zelle 1 Wasser
2. April 1927	Zelle Nr.	2	7	12	17	22	27	
	Beginn der Ladung ...	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	
	Schluß der Ladung ...	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
4. April 1927	Zelle Nr.	3	8	13	18	23	28	
	Beginn der Ladung ...							
	Schluß der Ladung ...							

usw.

Diese Tabelle gestattet dann auch, die **Änderung** der Säuredichte in jeder Zelle im Laufe eines Monats oder eines noch größeren Zeitraumes sofort zu erkennen. Das tägliche Weitersetzen und Beobachten der Säuremesser ist unbedingt nötig

a) bei **stark beanspruchten** Batterien wegen Kurzschlußmöglichkeit infolge Plattenkrümmung,

b) bei **Glasbedeckung** der Zellen wegen der Unmöglichkeit der Plattenbesichtigung.

12. durch Einbau von Zählern.

Ein Zähler gibt daruber Aufschluß, wieviel Energie eine Batterie empfangen resp. abgegeben hat.

Er ist zwar bei weitem kein so wertvolles Meßinstrument als der Sauremesser, der allein uber die Vorgänge im Innern Aufschluß gibt und Trugschlüsse des Personals bei kranker Batterie verhindert. Trotzdem wird man zweckmaßig einen Lade- und einen Entladezahler einbauen, da dann bei gesunder Batterie nach Wirkungsgrad geladen, also einer Energievergeudung vorgebeugt und vor allen Dingen auch die der Batterie entnommene Energie genau kontrolliert werden kann.

Allerdings muß von derartigen Zahlern gefordert werden, daß Temperaturschwankungen keinen Einfluß auf die Um-

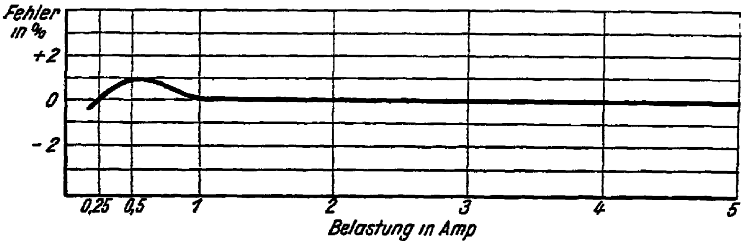


Abb 97.

drehungskonstante ausuben und sie sich bei Belastungen von 10 bis 100 % hochstens um 1 % andert. (Abb. 97, A.E.G.-Zähler.)

Ferner soll der Zähler schon bei 1 % Belastung sicher anlaufen.

Es empfiehlt sich nicht, Wattstundenzahler zu installieren, da deren Eichkonstante sich evtl. andert, sobald die Betriebsspannung von der Eichspannung abweicht Dies ist der Fall **gegen Schluß der Ladung** einer Batterie Abweichungen von der Normalspannung sind bei Wattstundenzahlern, wenn sie an Lichtbatterien liegen, ubrigens meist vorhanden, da die Spannungsspule nicht unmittelbar an der Akkumulatorenspannung liegt, sondern infolge der unvermeidlichen Spannungsverluste in Zellenschalterleitungen und -kontakten bei Entladung an eine zu niedrige Spannung angeschlossen ist.

Bei Batterien mit geringer Kapazität und langer Entladedauer dürfte außerdem der Energieverbrauch der Spannungsspule des Zählers eine nicht unerhebliche Entladung der Batterie hervorrufen.

Alles dies sind Gründe, welche für den Amperestundenzähler sprechen.

Jeder Wattstundenzähler läßt sich übrigens noch nachträglich als Amperestundenzähler schalten. Man braucht nur seine Spannungsleitungen an die konstante Sammelschienenspannung zu legen. Hat man am Zähler 24 kWh abgelesen, so entsprechen diese dann $\frac{24000}{120} = 200$ Ah, falls die Sammelschienenspannung 120 Volt beträgt

Man kann nun in jede Lade- und Entladeleitung je einen Zähler einbauen oder auch nur einen Zähler mit zwei Zählwerken verwenden, wodurch Kosten gespart werden. Man lädt dann bei Vorhandensein eines Amperestundenzählers 11 % mehr in die Batterie, als man herausgenommen hat.

Beispiel. Der Entladezähler zeige 6 % zu viel, der Ladezähler 3 % zu wenig an Beide seien Amperestundenzähler.

Stand des Entladezählers

zu Beginn der Entladung:	2475,
am Ende „ „	2972,
Entladung:	497 Ah.

Wirkliche Entladung. $497 - 0{,}06 \cdot 497 = 467$ Ah.

Stand des Ladezählers

zu Beginn der Ladung 3300

Es sind aufzuladen $467 + 0{,}11 \cdot 467 = 518{,}4$ Ah. Da der Zähler aber 3 % zu wenig zeigt, so muß er um $518{,}4 + 0{,}03 \cdot 518{,}4 = 534$ Einheiten vorwärts laufen, ehe die Ladung unterbrochen werden darf, er muß dann anzeigen $3300 + 534 = 3834$

Will man aber, und zwar zunächst bei Lichtbatterien, dem Schalttafelwärter jede Rechnung ersparen, so empfiehlt es sich, einen Aronschen Pendelzähler oder einen O'Keenanzähler der Danubia A.-G. einzubauen, die beide den Ladezustand des Akkumulators an einem auch aus der Ferne sichtbaren Zifferblatte mit Zeiger sofort erkennen lassen.

Beide sind mit einer Vorrichtung versehen, die den Zahler bei Ladung unempfindlicher als bei Entladung macht, entsprechend dem elektrochemischen Mengenverhältnis der Batterie Beim Laden dreht sich der weithin sichtbare Zeiger in der umgekehrten Richtung eines Uhrzeigers und gibt die dem Akkumulator zugefuhrte Elektrizitatsmenge unmittelbar nach seinem elektrochemischen Mengenverhaltnis in Amperestunden an. Beim Entladen geht der große Zeiger seinen Weg zuruck und läßt in jedem Augenblicke den Ladezustand der Batterie erkennen.

Aber nicht nur fur Lichtbatterien sind geeignete Zahler unerlaßlich, sondern auch fur Pufferbatterien, weil sie stets in gleichem Ladezustande bleiben mussen. Die Säuredichte ist kein zuverlassiger Anhalt hierfur, da das spezifische Gewicht der Flussigkeit sich nur ziemlich träge andert; auch ist das fortgesetzte Beobachten der Sauremesser fur den Schalttafelwarter unbequem und zeitraubend. Die Messung der Säuredichte wird infolgedessen in der Regel nur in langeren Zwischenräumen vorgenommen; unterdessen kann aber die Batterie infolge zu starker Ladung den vorschriftsmaßigen Ladezustand bereits überschritten haben und heftig Gas entwickeln. Dann sinkt der Pufferwirkungsgrad, und es treten unerwünscht hohe Spannungsschwankungen im Netze auf

In nahezu vollkommener Weise wird der gleiche Ladezustand einer Pufferbatterie nur durch Einbau eines Amperestundenzahlers erreicht, der je nach Richtung des Stromes vor- und ruckwarts registriert Eine Vorrichtung zur Änderung seiner Empfindlichkeit bei Ladung und Entladung ist nicht erforderlich, da das elektrochemische Mengenverhaltnis nahezu 100% beträgt (siehe Einleitung, Abschn 6, Schluß). Es wird dann bei gleichem Ladezustande der Batterie weder ein Vor- noch Ruckwartsschreiten des Zahlwerks stattfinden

Ganz besonders hierzu geeignet ist der Aronpendelzähler, da bei ihm infolge der unausgesetzten Pendelbewegung die Tragheit der beweglichen Teile durch Zufuhr elektrischer Energie nicht erst überwunden zu werden braucht und darum schnell verlaufende Lade- und Entladestoße zuverlassig registriert werden. Man kann aber auch jeden beliebigen Motor-Amperestundenzahler verwenden

13. durch sorgfältige Wartung der Batterie.

1 Vor Beginn einer Arbeit, die man am Akkumulator ausführen will, wasche man Hande und Arme.

2. Jedesmal gegen Schluß der Ladung gehe man durch samtliche Batteriereihen und überzeuge sich, ob alle Zellen gleichmäßig und positive sowie negative Platten gasen.

3. Zur Beobachtung der Gasentwicklung gegen Schluß der Ladung ziehe man bei Batterien mit Brettcheneinbau drei benachbarte Scheidewände in irgendeiner Zelle in die Höhe.

4. Die Säuredichte stelle man bei allen Elementen wenigstens alle vier Wochen einmal auf die gleiche und vorschriftsmäßige Höhe ein.

5. Bleiben Zellen in Säuredichte und Gasentwicklung zurück, oder entwickeln Zellen überhaupt kein Gas, so sind sie sofort zu untersuchen.

6. Die Elemente fülle man rechtzeitig nach, damit nicht etwa die Plattensatze aus der Saure herausragen Sie muß immer etwa 1 cm uber Plattenoberkante stehen — Beim Eingießen der Saure direkt aus dem Ballon umhulle man diesen mit einem Sacke, damit kein Stroh in die Elemente fallen kann.

7. Hat bei einer Batterie mit Brettcheneinbau sich eine Positive am Rucken so stark gekrümmt, daß sie die Scheidewand schon gegen die Negative drückt, so stecke man sofort einen 4 bis 5 cm breiten Holzstreifen, den man sich aus einem Brettchen schneidet, so dazwischen, daß seine Fasern die des vorhandenen Brettchens kreuzen

8. Lauft die Saure eines Elements infolge Gefaßbruchs usw. aus, so sind die negativen Platten sofort aus der betreffenden Zelle zu entfernen und in Saure oder destilliertem Wasser aufzubewahren

9 Hat sich eine Batterie so stark gesenkt, daß in irgendeinem Element eine unnachgiebige Leitung einen Plattensatz von der Stutzscheibe abhebt (Abb. 53), so schraube man den Isolator, der diese Leitung tragt, so weit herunter, bis die Fahnen wieder auf der Stützscheibe aufliegen.

10 Alle sechs Monate messe man in einigen Stammzellen sowie in den Zellen zwischen Lade- und Entladehebel den Schlamm.

11. Zerbrochene Glasrohre, Holzstuckchen und Stroh entferne man sorgfältig aus den Zellen.

12. Weiße Fahnen wasche man mit Schwefelsaure ab.

13. Etwa in die Elemente gefallene Bleibügel setze man ordnungsgemaß wieder ein.

14. Man achte sorgfaltig darauf, daß die Abtropfkanten der Holzkasten abgebogen sind.

15. Man reinige öfters den Säuremesser von der klebrigen Schmutzkruste und den langen Schlauch der Ableuchtlampe vom Staub.

16. Oxyd an Kupferleitungen entferne man sofort durch Erwärmen mit Lötlampe, um den Säureuberzug zum Verdampfen zu bringen. Die noch warmen Leitungen wische man ab und reibe sie mit konsistentem Fett oder reinem Maschinenol ab, nachdem man die in Frage kommenden Zellen mit Pappe zugedeckt hat

17. Falls beim Nachfullen Saure verschuttet wird oder solche aus zerbrochenen Glasgefaßen oder undichten Holzkasten ausgelaufen ist, so ist sie sofort vom Fußboden zu entfernen. Holzteile und Isolatoren, die von der Säure getroffen worden sind, wische man mit einem in warme Sodalosung getauchten Lappen ab und reibe sie dann grundlich trocken

18. Alle Jahre reibe man Holzkasten und Holzgestelle sowie Kupferleitungen mit Vaseline und konsistentem Fett ab.

19 Alle Jahre nehme man Laufboden oder Laufbuhnen aus dem Akkumulatorenraum heraus und scheure sie mit warmer Sodalosung ab, spule mit reinem Wasser nach und trockne sie grundlich Bei Wiederaufstellung der Laufbuhnen ist streng darauf zu achten, daß sie die Holzkasten nicht beruhren

20 Etwaige Nachfullvorrichtungen decke man mit Glas- oder Holzplatten zu und stelle den Saurekrug sowie die Holzlineale nicht auf den Fußboden, sondern auf eine an der Wand angebrachte, saubere Holzkonsole Den sehr langen Gummischlauch der Ableuchtlampe schlinge man mehrmals um einen halbrunden Holzrahmen, den man an der Wand oder an einer Säule befestigt

21. Linoleumbelag des Fußbodens reibe man nach je drei Monaten mit Öl ab, damit er nicht brüchig wird.

22. Reservebrettchen und -stäbchen bewahre man in einem verdeckten, mit angesäuertem Wasser gefüllten Bottich auf. Reserveglasrohre hebe man an einem staubfreien Orte auf.

23. Bei Reparaturen an Leitungen, Decken oder Wänden sind die Zellen mit Pappe oder Holz sorgfältig zuzudecken.

24. Sollte ein Monteur nach einer Reparatur konzentrierte Schwefelsäure übriggelassen haben, so gieße man sie sofort weg.

25. Werkzeuge lege man nicht auf die Bleileisten.

14. durch richtige Betriebsführung.

1. Man entnehme der gesunden Batterie im normalen Betriebe niemals mehr als die garantierte Kapazität.

2. Man entlade von Ladung zu Ladung die Batterie mit höchstens 60% ihrer garantierten Kapazität.

3. Man setze bei sehr schwach beanspruchten Batterien nicht länger als acht Tage mit Ladung aus.

4. Man entnehme Lichtbatterien wenigstens alle zwei bis drei Monate einmal die volle garantierte Kapazität und überlade sie dann am besten mit ganz schwachem Strom.

5. Sehr schwach beanspruchte Batterien, wie z. B. Pufferbatterien, entlade man alle 8 bis 14 Tage einmal tief und lade sie dann bis zur vollen Gasentwicklung (2,75 bis 2,8 Volt pro Zelle) wieder auf. An einigen Beispielen soll gezeigt werden, wie dies ohne Betriebsstörung geschehen kann:

In Kalibergwerken z. B., in denen Sonntags der Betrieb ruht, wird man am Sonnabend nachmittag einen Teil der Lastförderungen und am Sonntag sämtliche Mannschaftsförderungen zum Zwecke von Reparaturen im Schachte, nach Abkuppelung der Dampfmaschine, allein mit der Pufferbatterie ausführen. Sollte die Batterie am Montag früh noch nicht bis zur zulässigen Spannungsgrenze entladen sein, so nimmt man mit ihr allein noch einige Lastförderungen vor. Während der nun folgenden Ladung der Batterie kann im Falle der Gefahr die Belegschaft jederzeit aus dem Schachte herausgeholt werden, so daß das beschriebene Verfahren unbedenklich ist. Nach Beendigung der Ladung werden abermals einige Lastförderungen m i t H i l f e d e r B a t t e r i e a l l e i n vorgenommen, und zwar so lange, bis sie nur noch 90% ihrer Kapazität besitzt. Dann puffert sie gut. Nach Ankuppelung

der Dampfmaschine beginnt hierauf der normale Pufferbetrieb. Wird eine derartige tiefe Entladung allwöchentlich vorgenommen, so erhält man nicht nur die Batterie gesund, sondern erzielt auch eine Kohlenersparnis, da die Dampfmaschinen am Sonnabend nachmittag nicht oder nur wenige Stunden, am Sonntag überhaupt nicht in Betrieb zu sein brauchen. Allerdings geht ein Teil des Gewinns durch die Ladung am Montag wieder verloren.

Schwach beanspruchte Batterien in Fabriken, die für den Fall eines Maschinendefekts vollgeladen gehalten werden, können ohne jede Gefährdung des Betriebes ebenfalls tief entladen werden. Da die Arbeiter Sonnabends früher als sonst nach Hause gehen, so läßt man während der letzten

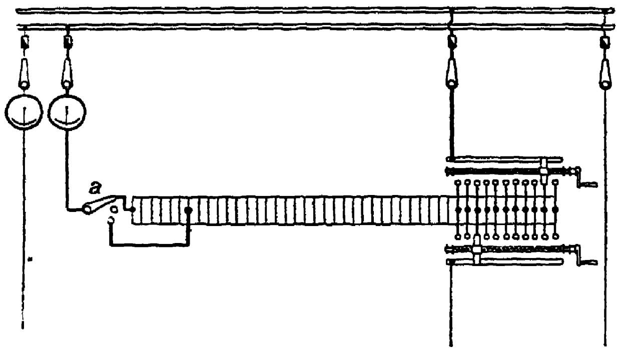


Abb 98

Betriebsstunden die Batterie die Stromlieferung fur die Motoren ganz allein übernehmen. Nach Schluß der Arbeitszeit wird dann sofort mit Ladung des Akkumulators begonnen, so daß er am Montag früh wieder mit voller Kapazität zur Verfügung steht.

6. Schwach beanspruchte Zuschaltzellen entlade man alle vier Wochen einmal tief (siehe Kap III, Abschn. A 4)

Ist keine Zusatzmaschine vorhanden oder nur ein Einfachzellenschalter, so mache man mit Hilfe eines Ausschalters *a* sechs bis zehn Stammzellen abschaltbar (Abb 98), damit die ersten Zuschaltzellen kräftig zur Entladung herangezogen werden können. Man schalte dann an dem ersten Tage die Stammbatterie mit verringerter Zellenzahl aufs Netz, am

zweiten Tage mit voller Zellenzahl, am dritten Tage wieder mit verringerter usf.

7. Man lade niemals durch den Entladehebel

8. Bei Vorhandensein einer Zusatzmaschine sende man niemals bei Ladung Strom durch den Entladehebel ins Netz. Fehlt dagegen die Zusatzmaschine, so sende man nur im Notfalle höchstens 20% der Ladeenergie durch den Entladehebel ins Netz.

9. Man lade eine Batterie niemals zweimal an ein und demselben Tage.

10. Man unterbreche die Ladung, falls die Säuretemperatur 40° C erreicht hat.

11. Falls bei Ladung gleichzeitig durch den Entladehebel Strom entnommnn wird, schalte man niemals zwischen Entladehebel und Stammbatterie mehr Zellen ein wie zwischen Ladehebel und Stammbatterie.

12. Nur in „geladenem" Zustande überlasse man eine Batterie wochenlanger Ruhe.

13. Man sehe für jede Batterie Lade- und Entlade-Amperestundenzahler vor und lade nach elektrochemischem Mengenverhältnis.

14. Man eiche die Zähler und die zur Batterie gehörigen Volt- und Amperemeter alle Jahre einmal.

15. Vom Tage der Inbetriebsetzung an führe man gewissenhaft die Betriebsliste.

Aus alledem ist zu ersehen, daß man einer Batterie die gleiche Liebe und Sorgfalt angedeihen lassen muß wie den Maschinen.

Dann unterbleiben auch Verstöße gegen die leicht zu erfüllenden Bedienungsvorschriften, und der Akkumulator wird stets zur Freude seines Besitzers arbeiten.

Taschenbuch für Monteure elektrischer Starkstromanlagen

Bearbeitet und herausgegeben von S Freiherr von Gaisberg. 88 Auflage. 359 Seiten mit 229 Abbildungen. Kl -8°. 1927. In Leinen gebunden M. 4 80.

Die 88 Auflage des Taschenbuches ist der schlagende Beweis, daß das Taschenbuch längst zum unentbehrlichen Nachschlagewerk für jeden Elektrotechniker geworden ist Besser noch als viele Urteile — von Fachzeitschriften liegen uber hundert lobende Besprechungen vor — spricht diese hohe Auflagenzahl des „Gaisberg“ für seine Beliebtheit und Brauchbarkeit Die Ursache dieser riesigen Verbreitung ist der reiche Inhalt des Taschenbuches, der dem großen Bedürfnis nach möglichst vielseitiger Orientierung über alle Gebiete der Starkstromtechnik weitgehend Rechnung trägt Dazu bringt das Taschenbuch eine große Anzahl von klaren Abbildungen und Skizzen, die das Verständnis des Dargestellten, besonders soweit es die praktische Seite betrifft, wesentlich erleichtern Die vorliegende Neuauflage ist auf den neuesten Stand der Technik gebracht U a sind die inzwischen herausgegebenen neuen Bestimmungen des V D E mit Genehmigung des Verbandes teilweise wörtlich aufgenommen worden Das neu geschaffene Schlagwortverzeichnis ermöglicht schnellstes Zurechtfinden in dem Buche

Taschenbuch für Fernmeldetechniker

Von Obering Hermann W. Goetsch. 3 erweiterte Auflage. 528 Seiten mit 844 Abbildgn. Kl.-8° 1928. In Leinen geb. M 13 —.

Elektrische Nachrichtentechnik Dieses Taschenbuch umfaßt das gesamte Gebiet der Fernmeldetechnik und füllt in dieser Fassung zweifellos eine bestehende Lücke aus Der Verfasser hat in ausgezeichneter und leicht faßlicher Weise alles das zusammengestellt, was der Fernmeldetechniker heute wissen muß Darüber hinaus ist es gleichzeitig ein Nachschlagewerk für denjenigen, der nicht ständig in diesem Gebiete arbeitet, wobei die kurz gehaltene und doch ubersichtliche Art der Wiedergabe von besonderem Vorteile ist Fur die technischen Beamten, die Betriebsingenieure großerer Werke und für die Installateure wird es ein unentbehrliches Hilfsmittel sein, auch als ausgezeichnetes Lehrbuch kann es angesprochen werden Die eingestreuten Hinweise auf die besondere Fachliteratur sind außerordentlich zweckdienlich Das sehr gut ausgestattete Buch kann daher allen Fachleuten in jeder Hinsicht empfohlen werden

Zeitschrift des Österr Ingenieur- und Architekten-Vereins Ein Werk, welches eine längst fuhlbare Lücke ausfullt und ein großes Gebiet moderner Technik in gedrängter und trotzdem sehr reichhaltiger Form behandelt

Deutsche Allgemeine Zeitung Ein treffliches Nachschlagebuch fur den Fernmeldetechniker und für den Elektrotechniker uberhaupt

Technische Rundschau und Anzeiger Das Buch enthält eine mustergültige Darstellung und Übersicht der modernen Fernmeldetechnik, dazu gesellt sich eine gediegene buchtechnische Ausfuhrung seitens des angesehenen Verlages

Grundriß der Funkentelegraphie

in gemeinverständlicher Darstellung Von Dr Franz Fuchs 18 Auflage 179 Seiten, 270 Abbildgn. Gr -8° 1926 Brosch M 3 60

Die Sendung Die vorliegende Broschure ist einer der besten Wegweiser in das Gebiet der drahtlosen Telegraphie fur den gebildeten Laien Das Charakteristische

---

des Werkchens ist die ansprechende äußere Form der Darstellung Neben dem Text ist ein gleichmäßig breiter Rand freigelassen, welcher die Figuren enthält, die in der Anschaulichkeit vorbildlich genannt zu werden verdienen, sowie Formeln, Definitionen und Beispiele

Der Funker wir empfehlen dieses Buch auf das wärmste. Es sollte eigentlich zur Handbibliothek jedes Funkers gehören.

Augsburger Neueste Nachrichten . ein Buch, das wohl einzig in seiner Art in der großen Fülle der Radioliteratur dasteht. Denn es vermittelt in gründlicher, anschaulicher Weise, gestützt auf vorzügliche, klare Schemazeichnungen, das notwendige theoretische Wissen, das heute jeder Radio-Amateur, mag er einen selbstkonstruierten oder fertig gekauften Apparat besitzen, haben muß.

Suddeutscher Rundfunk Ohne große Anpreisungen, ohne pomphafte Reklame sind in verhältnismäßig kurzer Zeit 17 starke Auflagen erschienen Warum? Weil es einfach das Buch ist, das jeder, der sich mit der Radiotechnik ernstlich befassen will, haben muß; der eine zum Studium, der andere als Hilfsbuch im Laboratorium Auch die neueste Auflage, die dem ungeheueren Aufschwung der Funkentelegraphie durch eine Reihe von Ergänzungen und Verbesserungen Rechnung trägt, bringt wieder dieselbe äußerliche Anordnung, weil man es einfach nicht besser machen kann

Wähleramt und Wählvorgang

Eine Einfuhrung von Telegraphendirektor Jos Woelk. 3. Aufl 42 Seiten, 22 Abbildungen, 2 Tafeln. Gr-8°. 1925 Brosch M. 1 80.

Telegraphen-Praxis Das Buchlein bringt in seinem ersten Teile die Grundlagen des bei der deutschen Reichspost eingeführten S A-Systems unter Beschreibung der fur die Einrichtung erforderlichen Apparate, wie die Wähler mit den zugehorigen Relaissätzen usw Der 2 Teil behandelt den Wahlervorgang vom anrufenden Teilnehmer bis zu dem angerufenen unter Berücksichtigung aller Nebenumstände. Der 3. Teil endlich bespricht den Einfluß der Anschlußleitungen und der Sprechstellenschaltungen auf den Wählvorgang In gleicher Klarheit und Kürze ist das vorliegende Thema noch nicht behandelt worden. Wir können daher das ansprechende und interessante Buch allen Telegraphen-Praktikern warm empfehlen

Emge-Schwachstrom-Kalender

Handbuch fur Schwachstrom-Installation Herausgegeben von der A-G Mix & Genest 3 verbesserte und vermehrte Auflage 244 Seiten, 6 Tafeln, 55 Abbildungen, 1 Kalendarium Kl-8° 1928 In Leinen geb M 5 –

Inhalt I Theoretische Elektrotechnik II Stromquellen III Spezial-Schwachstrom-Technik IV Selbstanschluß-(SA)Anlagen V Schwachstromschaltungen VI Postnebenstellen-Anlagen VII Rundfunkwesen VIII Was der Installateur vom Patentwesen wissen muß IX Angestelltenversicherung X Erste Hilfe bei Unfällen durch Starkstrom oder Blitz XI Praktische Ratschlage Werkstattrezepte XII Beseitigung von Störungen in Signal- und Telephonanlagen XIII Storungen in Selbstanschluß-(SA)Anlagen XIV Überwachung und Revision von Schwachstromanlagen XV Vorschriften des „Verbandes deutscher Elektrotechniker“ XVI Normen fur Schwachstrominstallation Bildzeichnen fur Schaltungszeichnungen nach DIN-VDE 700 XVII Vorbereitung von Kostenanschlägen XVIII Tabellen XIX Sachregister

R. Oldenbourg / München 32 und Berlin W 10

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik

für Werkmeister, Installations- und Beleuchtungstechniker. Von Prof. Dr. R Wotruba. 204 S, 219 Abb Gr-8°. Geh. M. 5 20, geb. M. 6 40.

Elektrotechnische Zeitschrift Das Buch bringt zunächst einen einleitenden Teil, in dem gewisse notwendige mechanische Grundbegriffe Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Masse, Arbeit, Leistung mit ihren Einheiten behandelt werden Dann werden die entsprechenden elektrischen Größen und die Grundgesetze des Gleichstroms entwickelt Es folgen Abschnitte über die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes, die elektromagnetischen Gesetze und die Entwicklung der Begriffe der Wechselstromtechnik Endlich geht das Buch zu den praktischen Anwendungen über Maschinen und Transformatoren und ihre Behandlung, Leitungen, von diesen besonders die Freileitungen, und Schalteinrichtungen, vor allem die für Hausinstallationen Es ist bekanntlich viel leichter, ein wissenschaftliches Werk über diesen Gegenstand zu schreiben, als ihn, zugeschnitten auf das Verständnis von reinen Praktikern und doch ohne Verstöße gegen klare Begriffsbildung, zu behandeln. Man muß es dem Verfasser lassen, daß er diese Aufgabe vorbildlich gelöst hat. Das Werk ist ein Muster von Klarheit und Begriffstrenge, und es ist geradezu ein Vergnügen, zu sehen, wie der Verfasser seinem Publikum die Sache mundgerecht zu machen versteht, ohne dabei in platte Oberflächlichkeit zu verfallen

Der ein- und mehrphasige Wechselstrom

Einführung in das Studium der Transformatoren und Wechselstrom-Maschinen. Von Prof Dr. R Wotruba 92 Seiten mit 97 Abbildungen. Gr-8°. Broschiert M. 3.60.

Technische Rundschau und Anzeiger: Dem Verfasser ist es mit hervorragendem Lehrgeschick erfolgreich gelungen, das Wichtigste aus der Wechselstromtheorie auf beschränkten Raum zu bringen. Die klare Ausdrucksweise (ein besonderer Vorzug der Bücher des Verfassers), die zahlreichen Rechenbeispiele und gut gewählte Zeichnungen, sowie der saubere Druck lassen das anspruchslose Büchlein als Unterrichtsmittel für die Schuler mittlerer und höherer technischer Schulen recht geeignet erscheinen

Die Transformatoren

Theorie, Aufbau und Berechnung Ein Handbuch fur Studierende und Praktiker. Von Prof Dr. R Wotruba und Ing. A Stifter. 207 Seiten, 102 Abbildungen, 1 Tabelle Gr.-8°. 1928. Brosch. M. 10 —; in Leinen geb. M 11 50.

Elektrotechnischer Anzeiger Das vorliegende Werk über Transformatoren hat es sich zur Aufgabe gemacht, in deren Theorie, Aufbau und Berechnung einzufuhren Der meßtechnische Teil wurde so weit dabei beruhrt, wie es zum Verständnis der Wirkungsweise des Transformators nötig ist Die Theorie wurde so weit ausgedehnt, daß sie auch als Grundlage für die Wechselfeld- und Drehfeldmotoren dienen kann Die theoretischen Betrachtungen setzen gewisse Kenntnisse der Wechselstromtheorie voraus Die Berechnungen sind so angeordnet, daß zuerst in mehreren Beispielen die Berechnung der Hauptgrößen gezeigt wird, wie dies für die ersten Entwürfe nötig ist Die letzten Beispiele geben dann die genauen Durchrechnungen Schließlich wird noch das Notwendige über Spartranformatoren und Drosselspulen gesagt Die knappe, klare Darstellung macht das Werk ebenso für den Unterricht wie für die Praxis brauchbar

---

R. Oldenbourg / München 32 und Berlin W 10